

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A.MIRA-BEJAIA



Faculté de Technologie



Département de Génie Electrique

Mémoire de Fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme Master II en génie électrique

Option :- Machine électrique

-Électromécanique

Thème

**Etude et automatisation d'une installation
de pompage d'huile avec un réseau de
communication profibus**

Préparé par :

Mr. MAOUCHE Abdelhakim

Mr. BOUAMAMA Ramdhane

Encadré par :

Mr. OUATAH El hanafi

Mr. ATROUNE Salah

Mr. MAOUCHE lyazid

Année Universitaire : 2018/2019

Remerciement

Un merci de cœur au « bon Dieu » le tout puissant qui nous a donné la santé, la volonté et le courage afin de réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements très chaleureusement et notre sincère gratitude :

*A Notre promoteurs **Mr : Ouatah El hanafi** et **Mr :Atroune Salah** pour son orientation, ses conseils, et sa disponibilité à tout moment de besoin d'orientation.*

*A notre encadreur dans l'entreprise Cévital **Mr :Maouche Lyazid***

Qui nous accompagne et diriger tous au long de ce travail

Toutes nos reconnaissances pour vous.

Aux membres du jury, pour accepter d'examiner et de juger notre travail.

Pour terminer nous tenons à remercier toutes nos familles, nos collègues et nos amis qui nous ont aidé et qui nous ont apporté leur soutien moral et à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à

Dédicaces

Je dédie ce travail

A mes très chers parents qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin, et qui étaient à mes côtés et mon soutenu durant toute ma vie, et qui ont sacrifié toute leur vie afin de me voir devenir ce que je suis, merci mes parents.

A mes chers frères et sœurs, a mes belles sœurs, Et tout mes Neveux et nièces, ainsi toute la grande famille Maouche qui m'ont aidé de plusieurs manières.

A ma tante nana hassina qui ma beaucoup aidé dans mon parcours d'études et toute la famille terki

A mes amis (es) sans exception qui m'ont encouragé, suivi et aidé Depuis longtemps, Bennacer Abdelhak , Mehena Azzedine , Djenadi Rafik.

A monsieur Ouatah El hanafi et monsieur atroune salah et a mon frère Lyazid, qu'ont sue m'accompagner, et me diriger tous au long de ce travail.

Dédicaces

JE DÉDIE CE TRAVAIL :

À mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de la persévérance et qui ont sacrifié toute leur vie afin de me voir devenir ce que je suis, merci mes parents.

À mon cher frère Salim et mes chères sœurs Ahlame et Widad et leurs enfants Akrame et Yaya

À toute la famille Bouamama et Kéchida

À mon Binôme Hakime et sa famille, et son ami Abd Alhak

À mes amis dans la promotion électromécanique 2018 et 2019

À mes copains de chambre samy et son binôme, ghafeur, et tous mes amis sans exception

Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail

Ramdhane

Sommaire

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Présentation de l'entreprise d'accueil

1. Introduction	2
2. Préambule Historique	2
3. Situation géographique.....	2
4. Présentation du complexe agro-alimentaire Cevital Bejaia	3
5. Principales activités du complexe agro-alimentaire de Bejaia.....	4
6 .Missions et objectifs de Cevital	4
7. Organigramme du complexe agro-alimentaire Cevital	5

Chapitre I : Généralité sur le système actuel

I.1 Introduction	6
I.2 Généralité sur les réseaux de communications industrielles	6
I.2.1 Importance de la communication industrielle.....	6
I.2.2 Les types de liaisons de communication.....	6
I.2.2.1 Liaison parallèle.....	6

I .2.2.2 Liaison série	7
I.3 Présentation du système actuel	7
I .3.1Présentation de la station de pompage de conditionnement d'huile	7
I.3.1 Souffleuse	8
I.3.2 Convoyeur aéraulique rafale	8
I.3.3 Bouchonneuse	9
I.3.3 Etiqueteuse et dateuse	9
I.3.4 Séparateur de bouteille.....	9
I.3.5 Convoyeur.....	9
I.3.6 Banderoleuse.....	9
I.3.7 Palettiseur.....	9
I.3.7 Fardeuse	9
I.4 Description de système électrique actuel.....	10
I.4.1 Les armoires de système	10
I.4.2 Définition de la logique câblée	10
I.4.2.1 Problèmes posés par la logique câblée	10
I.5 Appareillages qui augmente la complexe du système actuel	11
I.5.1Variateur Schneider ATV 58	11
I.5.2Les Relais.....	11
I.5.3 Les boutons poussoirs.....	11
I.5.4 Branchement d'appairage	11
I.5.5 Schéma de puissance du système actuel	12
I.5.6 Schémas de commande de système actuel.....	13
I.6 Conclusion	13

Chapitre II : Identification des équipements de la nouvelle station

II.1 Introduction	14
II.2 Solution au problème posé	14
II.3 Elaboration d'un cahier de charges	14
II.3.1 Fonction d'usage de l'automatisation.....	14
II.3.2 Analyse fonctionnelle	15
II.3.3 Rédaction du cahier des charges fonctionnel	15
II.3 4 Cahier de charge technologique	16
a. élément d'alimentation et sécurité.....	16
b. Elément de nouveau système	16
II.4 Identification des équipements de la nouvelle installation.....	16
II.4.1. Alimentation	16
II.4.2. Disjoncteur magnétothermique	16
II.4.3. Fusible.....	16
II.4.4. Présentation du module S7-315-2DP	17
II.4.4.1. Alimentation stabilise.....	17
II.4.4.2. Description de la CPU 315-2DP	18
II.4.4.3 Modules d'entrées et de sorties	19
II.4.5. Présentation de réseaux Profibus.....	19
II.4.5.1. Différents protocoles PROFIBUS	20
a. PROFIBUS-DP	20

b. PROFIBUS-PA	20
c. PROFINET-IO	20
II.4.5.2. Choix du réseau PROFIBUS	21
II.4.5.3. Avantage du profibus-DP	21
II.4.5.4. Mode de fonctionnement de PROFIBUS-DP	22
II.4.5.5. Types de câble pour PROFIBUS.....	22
II.4.5.6. Connecteur PROFIBUS- DP	22
II.4.6. Variateurs de vitesse	22
II.4.6.1. Critère de choix d'un variateur de vitesse	23
II.4.6.2. Choix de variateur vitesse Danfoss VLT 2800	23
II.4.6.3 Mode de fonctionnement.....	23
II.4.6.4 Avantages du variateur de vitesse	24
II.4.7. Pompes de la station d'huile.....	24
II.4.8. Remplisseuse	25
II.4.9. Capteurs de niveau analogique.....	26
II.4.10. Convertisseur analogique –numérique	26
II.4.11. Interface homme machine IHM.....	26
II.4.11.1. Choix des IHM	27
II.5 Conclusion	27
 Chapitre : III Programmation du nouveau système	
III.1. Introduction	28

III.2. Présentation du nouveau système de l'installation	28
III.3. Aperçu sur l'automatisme industriel	28
III.3.1. Automate Programmable	28
III.3.2. Automatisation	28
III.3.3. Système automatisé	29
III.3.4. Objectif de l'automatisation	29
III.3.5. Structure d'un système automatisé	29
III.4. Présentation des logiciels utilisés	30
III.4.1. Logiciel STEP7	30
III.5. Réalisation de GRAFCE de conduite de nouveau système	30
III.6. Analyse fonctionnelle du Grafcet.....	31
III.7. Elaboration du programme avec STEP7	31
III.7.1. Création d'un projet sous STEP7	34
III.7.2. Configuration matérielle	33
III.7.3. Création de la table des mnémoniques.....	34
III.7.4. Programmation des blocs en structurée	36
III.8. Schémas de puissance du nouveau système.....	41
III.9. Schéma de commande du nouveau système	43
III.10. Conclusion	43
Chapitre : La supervision du système	
IV.1. Introduction	44

IV.2. Généralités sur la supervision	44
IV.3. Réalisation de la supervision de l'installation	44
IV.3.1. Étapes de mise en œuvre	44
IV.3.2. Logiciel Win CC Flexible.....	44
IV.3.3. Etablissement d'une liaison directe	44
a. Création de la table des variables.....	45
b. Création des vues	45
c. Planifier la création des vues.....	46
d. Constitution d'une vue.....	47
IV.4. Conclusion	49
Conclusion générale	50
Références Bibliographique	51

La liste des figures

Figure I. 1 : plan de masse de complexe cevital	3
Figure I.2 :organigramme du complexe cevital	5

Chapitre I

Figure I.3 :schéma de communication liaison parallèle	7
Figure I.4 :schéma de communication liaison série	7
Figure I.5 :schémas d'un système realise par la logique cablé.....	10
Figure I.6 : variateur ATV58	11
Figure I.7 : schéma de puissance de systém actuel.....	12
Figure I.8 :schéma de commande de système actuel.....	13

Chapitre II

Figure II.1 :l'expression du besoin de l'entreprise.....	14
Figure II.2 :analyse fonctionnelle du système.....	15
Figure II.3 :Différents modules de l'automate Siemens.....	17
Figure II.4 :source d'alimentation en courant contenu	17
Figure II.5 :CPU315-2DP	18
Figure II.6 :module d'entrées et de sotrie de l'automate	19
Figure II.7 :schéma d'un réseau profibus.....	19
Figure II.8 :schéma d'un réseaux profibus-2DP	21
Figure II.9 :le conecteur de cable profibus	22

Figure II.10: variateur Danfoss VLT 2800	23
Figure II.11: pompe centrifuge	24
Figure II.13 : capteur de niveau analogique	26
Figure II.14: convertisseur analogique -numérique.....	26
Figure II.15 : Interface Homme Machine (IHM)	27

Chapitre III

Figure III.1 : structure d'un système automatisé.....	29
Figure III.2: Grafcet de conduite de nouveau système	31
Figure III.3: Fenêtre de SIMATIC MANAGER d'assistance STEP 7	32
Figure III.4: choisir la CPU	32
Figure III .5: choix du bloc d'organisation OB1.....	33
Figure III.6: fenetre de création des fonctions	33
Figure III.7: table de configuration matérielle	34
Figure III.8 : créé les fonctions des lignes.....	36
Figure III.9 : schéma de puissance de nouveau systeme.....	42
Figure III. 10: schémas de commande de nouveau système	43

Chapitre IV

Figure IV. 1: Vue principale de la station de pompage	47
Figure IV. 2 : Vue de la ligne 1 litre	47
Figure IV.3 : Vue des bacs de stockage.....	48
Figure IV. 4 : Vue des alarmes	48

La liste des Tableaux

Tableau I.1 : production maximale des lignes de conditionnement.....	8
Tableau II.1 : Cahier des charges fonctionnel.....	15
Tableau III.1 : Liste de mnémoniques	34

Liste d'abréviation

DC : décret continue

AC : courant alternative

PC : partie commande

PO : partie Opérative

CPU : unité central programmable

GRAFCET: Graphe fonctionnel de commande des étapes et transitions

Dis: disjoncteur tripolaire

Km: contacteur moteur

MGT : magnétothermique

P : pompe

Bpa : bouton poussoir arrêt

BPM : bouton poussoir marche

PROFIBUS : Process Field Bus

DP : décentralise périphérique

PA : Process Automation

API: Automate Programmable Industriel

IHM : Interface Homme Machine

DI: Digital Input

DO: Digital Output

AI: Analogique Input

AO: Analogique Output

OB : Bloc Organisation

FB : Bloc Fonctionnel

FC : Fonction

PE : le neutre a la terre

Ph : phase

VAR : variateur

PAW : adresse de mot de contrôle

PEW : mot d'état

MD : double mot

MPI : interface multipoint programmable

LOG : logique

CONT : contacte

LIST : liste d'instruction

VoL Min : volume minimum

VoL Max : volume maximum

Km V1 : contacteur variateur 1

TOR : tout ou rien

Win CC : Windows Control Center

FP : fonction principale

FC : fonction complémentaire

Introduction Générale

Actuellement, le monde industriel doit offrir des produits de qualité, dans des délais courts et des prix compétitifs et avec la progression de la technologie surtout dans le domaine de la communication, et les critères qui sont demandés dans celle-ci n'est pas juste l'augmentation de la production, mais aussi l'amélioration des conditions de travail, l'accroissement de la sécurité et la minimisation des tâches et répétitives pour cela l'automatisation est devenue plus qu'une nécessité.

Les automates programmables industriels apportent des solutions sur mesure bien adaptées et flexibles à de nombreuses activités industrielles, actuellement la firme allemande SIEMENS est le constituant essentiel et le plus favorisé dans les installations, cette firme répond à toutes les attentes de l'industrie en offrant une large gamme d'automates programmable.

Le système de communication par réseaux PROFIBUS -DP parmi les nouvelles technologies qui se caractérisent par une grande vitesse et une bonne qualité de communication, avec un seul câble et une connexion en série suffit à simplifier tous les branchements entre les organes de l'installation.

Les pompes de la station de pompage d'huile de l'unité de conditionnement d'huile de Cevital ont un système de commande semi automatisé et la communication avec la logique câblée, ce qui rend les tâches plus difficiles et complexes pour la maintenance avec une communication moins rapide.

L'objectif de notre travail est d'automatiser la station de pompage de l'huile par un réseau de communication PROFIBUS

Ce mémoire est organisé en quatre (04) chapitres, une introduction générale qui donne une idée globale sur le travail. Le premier chapitre est consacré aux généralités sur la communication et le système actuel de la station. Le deuxième chapitre cible l'identification de tous les nouveaux appareils constituant la nouvelle station. Le troisième chapitre est réservé à l'élaboration de GRAFCET et le traduire en programme avec le logiciel SETP 7, le quatrième chapitre est consacré à la partie supervision de notre travail, nous terminons ce mémoire par une conclusion générale.

1. Introduction

Dans cette partie, nous allons présenter l'historique et l'évolution de l'entreprise Cevital et ses multiples activités industrielles en citant ces différents points :

- Historique de l'entreprise de Cevital ,
- Situation géographique,
- Missions et l'objectif de l'entreprise,
- Organigramme du complexe Cevital,

2. Préambule Historique

Cevital est parmi les entreprises algériennes qui ont vu le jour dès l'entrée de notre pays en économie du marché. Elle a été créée par des fonds privés en 1998. Son complexe de production se à coté du port de Bejaia. Cevital contribue largement au développement de l'industrie agroalimentaire nationale. Elle vise à satisfaire le marché national et exporter le surplus, en offrant une large gamme de produits de qualité. Les nouvelles données économiques nationales dans le marché de l'agroalimentaire, font que les meilleurs sont ceux qui maitrisent d'une façon efficace et optimale les coûts, les charges et ceux qui offrent le meilleur rapport qualité/prix. Ceci est nécessaire pour s'imposer sur le marché que Cevital négocie avec les grandes sociétés commerciales internationales. Ses produits se vendent dans différentes villes africaines (Bamako, Tunis, Tripoli...) [1].

3. Situation géographique

Cevital est implantée au niveau du nouveau quai du port de Bejaia à 3 Km du sud ouest de cette ville, à proximité de la RN 26. Cette situation géographique de l'entreprise lui a beaucoup profité étant donné qu'elle lui confère l'avantage de proximité économique. En effet, elle se trouve proche du port et de l'aéroport [1].

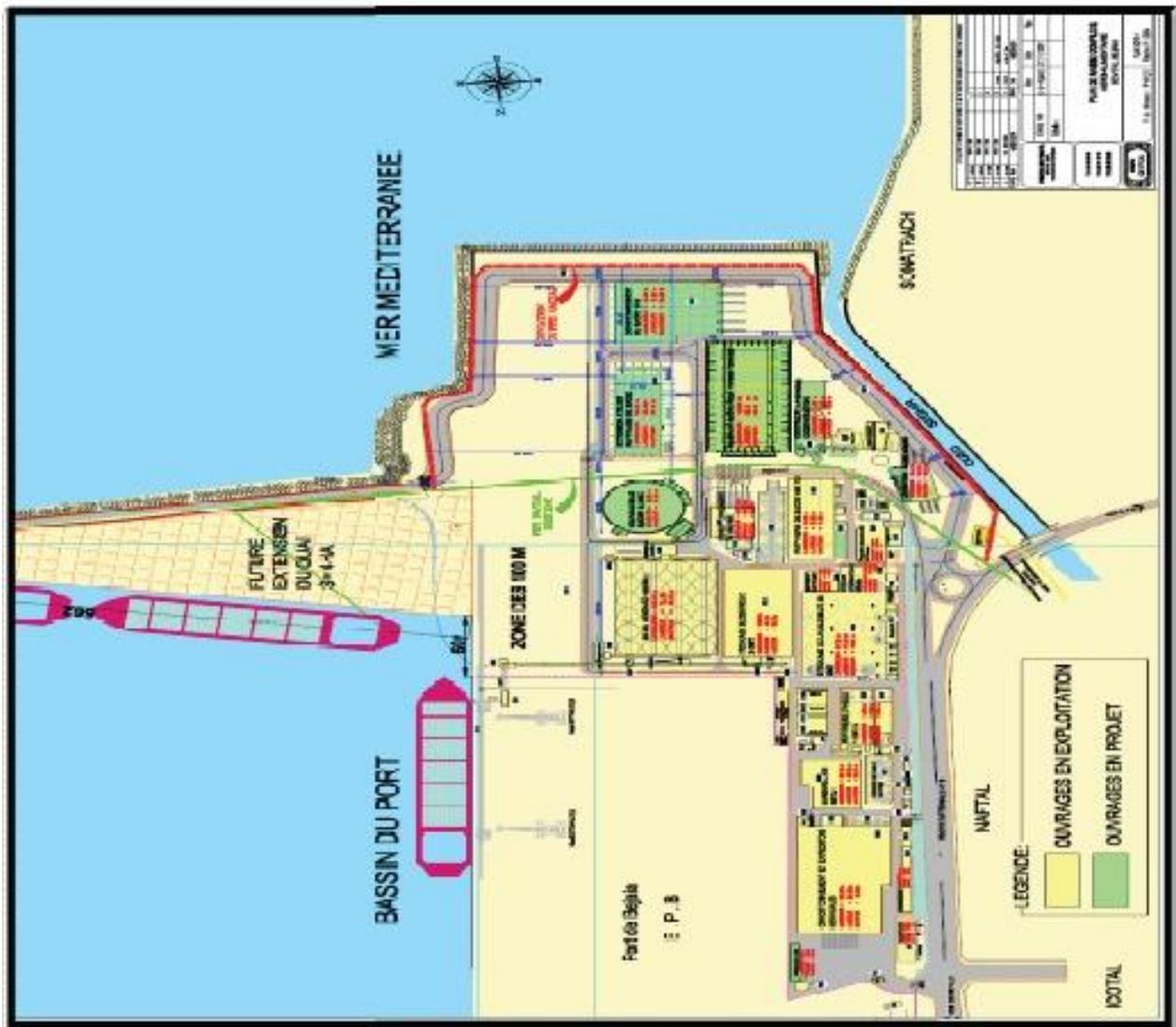


Figure.1:Plan de masse du complexe cevital

4. Présentation du complexe agro-alimentaire Cevital Bejaia

Lancé en mai 1998, le complexe Cevital a débuté son activité par le conditionnement d'huile en décembre 1998. En Février 1999, les travaux de génie civil de la raffinerie ont débuté, et la raffinerie est devenue fonctionnelle en Aout 1999. L'ensemble des Activités de Cevital est concentré sur la production et la commercialisation des huiles Végétales, de margarine et de sucre, ainsi que la production de l'énergie électrique [1].

5. Principales activités du complexe agro-alimentaire de Bejaia

- Raffinage des huiles (2300 tonnes/jour),
- Conditionnement d'huile (1400 tonnes/jour),
- Production de margarine (600 tonnes/jour),
- Fabrications d'emballage (PET) : poly-éthylène-téréphtalate (9600 unités/heure),
- Raffinage du sucre (1600 tonnes/jour) et (4500 tonnes/jour),
- Stockage des céréales (120000 tonnes),
- Minoterie et savonnerie en cours d'étude,
- Cogénération (production de l'énergie électrique avec une capacité de 64MW) et la vapeur.

6 .Missions et objectifs de Cevital

Les objectifs visés par Cevital peuvent être présenté comme suit:

- l'importation de grains oléagineuse pour l'extraction directe des huiles brutes,
- l'optimisation de son offre d'emploi sur le marché de travail,
- l'encouragement de l'agriculture par des aides financières pour la production locale de graines oléagineuses,
- la modernisation de ses installations en termes de machines et techniques pour augmenter sa production, [1]

7. Organigramme du complexe -agro-alimentaire Cevital

La figure ci-dessous présente les différents organes constituant dans le complexe Cevital

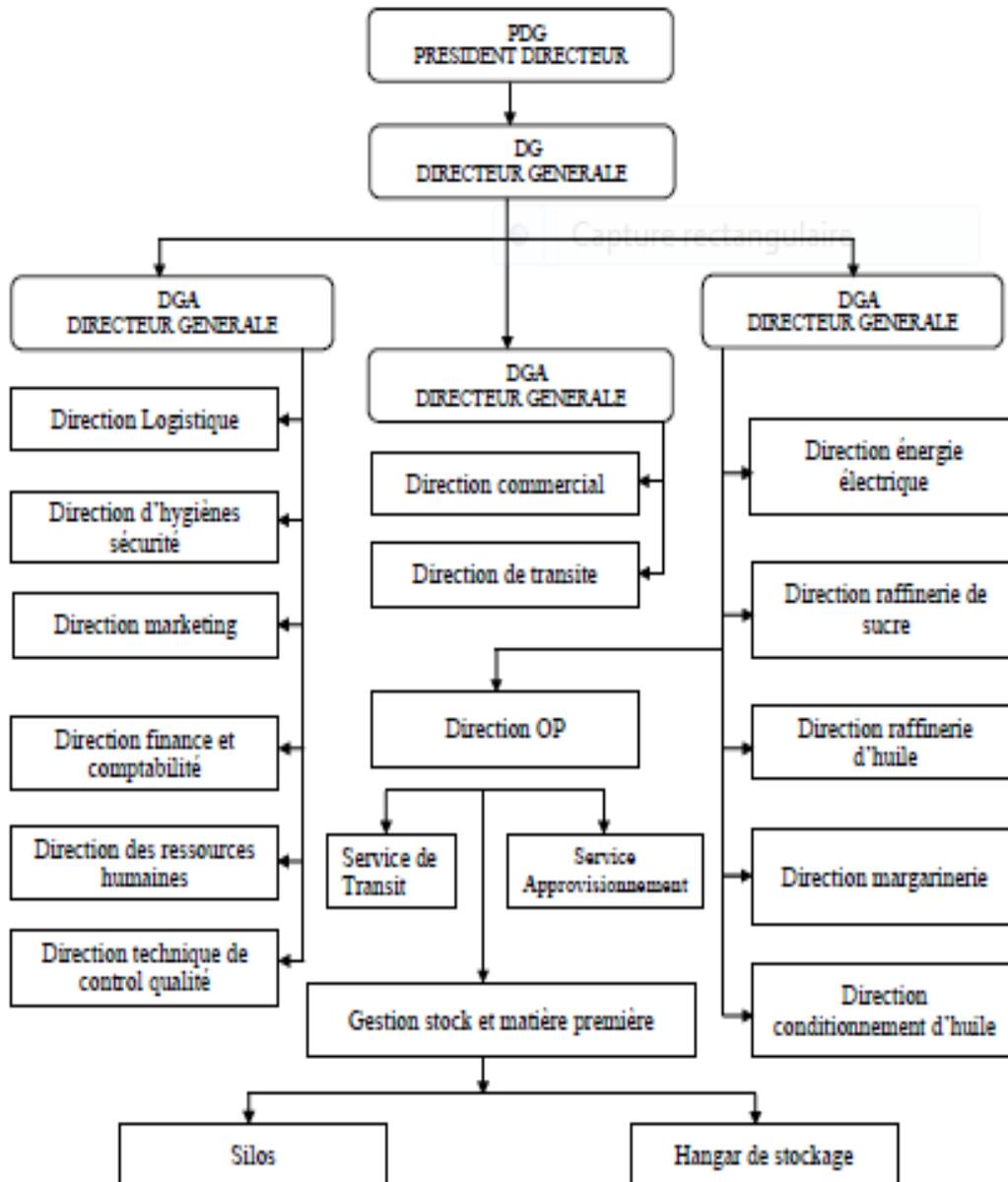


Figure . 2:organigramme du complexe cevital

I.1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons décrire la station de pompage d'huile avec l'actuel système de commande des pompes basé sur la logique câblée existant dans la station. On commence ce chapitre par un aperçu sur les réseaux de commande et de communication des machines industrielles.

I.2. Généralité sur les réseaux de communications industrielles

Les réseaux de communication entre les machines se développent proportionnellement pour avoir une bonne transmission des données avec une méthode assez rapide, car elle permet d'avoir une bonne régulation et commande entre les machines. Les communications se font avec des moyens de base, de transmission filaire et optique et électromagnétique.

I.2.1. Importance de la communication industrielle

La communication a permis d'avoir une évolution dans le secteur industriel en apportant de nombreux avantages économiques et technologiques, permettant ainsi une croissance du rendement des installations.

La décentralisation des systèmes a permis des gains de câblages considérables car elle utilise des techniques de transmission série qui peut se faire sur de longues distances, c'est ce qui a rendu possible la mise en communication d'équipements éloignés et de synchroniser ainsi les différentes tâches des procédés, et parfois même des installations entières.

L'économie du temps apportée par l'intégration de la communication dans l'industrie est non négligeable, car elle permet d'automatiser les échanges des données qui se font désormais avec des temps de réactions très courts (quelques centièmes de seconde au maximum), sans compter les possibilités de diagnostic et de contrôle poussées qu'elle permet d'exécuter.

I.2.2. Les types de liaisons de communication

On distingue deux types de liaison utilisée dans la communication.

I.2.2.1. Liaison parallèle

Sur une liaison parallèle, les données sont envoyées sur autant de fils qu'il y a de bits constituant le message à transmettre, ce qui implique l'utilisation d'une grande quantité de câbles. De ce fait, il est très coûteux et peu fiable, et n'est utilisable que pour de très courtes distances. Figure I.1. représente schéma de communication par liaison parallèle [2].

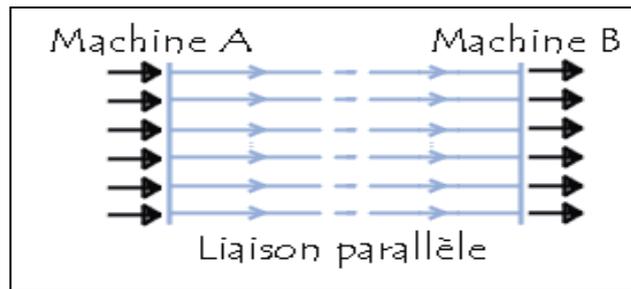


Figure I. 3: schéma de communication par liaison parallèle

I.2.2.2. Liaison série

La transmission de données en série se fait sur une seule paire de câble, le temps est découpé en intervalles réguliers et un bit est émis durant chaque intervalle.

On peut définir plusieurs notions liées à la transmission en série :

- Le découpage du temps en intervalles réguliers, ceci nécessite la présence d'une horloge auprès de l'émetteur et du récepteur,
- La synchronisation est nécessaire entre l'émetteur et le récepteur, pour que ce dernier fasse les observations aux instants corrects,
- De nos jours, la communication série est la plus utilisée car elle nécessite moins de câblage réduisant ainsi son coût, alors que la communication parallèle n'est utilisée que pour des distances très courtes. la figure I.2 représente la communication par liaison série [3].

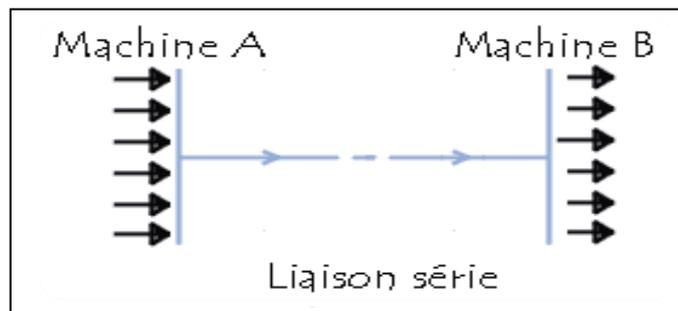


Figure I. 4 : schémas de communication par liaison série

I.3. Présentation du système actuel

I.3.1. Présentation de la station de pompage de conditionnement d'huile

L'unité de conditionnement d'huile de Cevital est constituée actuellement de six lignes de production .deux lignes production des bouteilles de 5 litres une ligne pour la production de bouteilles 4 litres une ligne pour la production des bouteilles d'un litre, une ligne de production des bouteilles de 2 litres, et une ligne de production des bouteilles de 1,8 litres,

chaque ligne a sa propre remplisseuse et sa cuve que on doit remplir d'huile en permanence avec niveau demande et son asservissement et assuré avec des pommes. .

Le tableau suivant il indique la production maximale par heure pour chaque ligne

Tableau I. 1: production maximale des six lignes de conditionnement

Numéro de la ligne	Volume de bouteille en litre	La production par heure
1	1 L	1200
2	1,8 L	1200
3	2 L	1100
4	5 L	5000
5	5 L	9000
6	4 L	3000

Chaque ligne est constituée de plusieurs machines assurant des tâches dans le but d'avoir un produit fini complètement emballé et prêt à être vendu comme les machines suivantes :

I.3.1. Souffleuse

La souffleuse est destinée à la production des bouteilles en PET avec des grandes cadences de production elle est constituée de quatre parties principales :

- Partie alimentation de préforme froide,
- Partie de préchauffage des préformes,
- Partie de soufflage des préformes,
- Partie de sortie de bouteille,

I.3.2. Convoyeur aérodynamique rafale

Ce convoyeur permet de transporter des bouteilles en PET vides de la souffleuse vers toutes les unités de remplissage des lignes. Elles sont transportées par l'énergie de soufflage d'air, ce souffle est produit par des colonnes de ventilation équipées de filtre à air propre.

I.3.2. Bouchonneuse

La bouchonneuse se trouve juste après la remplisseuse pour mettre les bouchons aux bouteilles juste à la fin de leur remplissage pour éviter le débordement les bouchons sont fabriqués et préparés par une autre unité.

I.3.3. Etiqueteuse et dateuse

L'étiqueteuse est destinée à coller les étiquettes sur les bouteilles portant des informations sur le produit et le fabricant. la dateuse mentionne la date et l'heure de fabrication de produit chaque ligne dispose de deux types de dateur, soit celle qui utilise l'impression à jet d'encre ou celle qui emploie la gravure directe sur la bouteille à l'aide d'un laser. Ce qui permet la traçabilité du produit.

I.3.4. Séparateur de bouteille

C'est un mécanisme destiné à répartir les bouteilles sur les différentes couloires d'une manière homogène pour qu'elle soit regroupée dans des paquets enveloppés par la suite

I.3.5. Convoyeur

Le tapis roulant est un moyen de transport des fardeaux à la sortie de la remplisseuse jusqu'à l'entrée du palettiseur.

I.3.6. Banderoleuse

Cette machine enveloppe l'ensemble des fardeaux avec la palette au moyen de barre qui mouvement rotatif, porte bobine et assure un emballage stable et compact de produit palettisé par un bandage à plusieurs couches en film.

I.3.7. Palettiseur

Le palettiseur est une machine sert à superposer sur une palette plusieurs couches de fardeaux. il comporte plusieurs organes comme :

- Tourne fardeaux,
- Pousseur de fardeaux,
- Ascenseur,
- Magasin palette,

I.3.7. Fardeleuse

C'est une machine qui a le rôle de recevoir des bouteilles et les envelopper par un film en nylon et passe dans un four et fonde le film pour produire des fardeaux.

I.4. Description de système électrique actuel

Le système de communication actuel de l'installions des pompes d'huile est réalisé avec la logique câblée, comportant plusieurs câbles et des équipements comme les variateurs compactes programmables, des reliait, des boutons poussoirs, et les capteurs analogiques dans l'installation, ce qui rand le système plus complexe dans la durée et le cout de la maintenance.

I.4.1. Les armoires de système

L'armoire électrique est le lieu ou sont groupés les différents appareillages qui constitue le circuit de puissance ou commande d'une installation électrique. notre système électrique et réalise dans trois armoire qui ce compose des organes d'aimantation de puissance et de sécurité notre et les élément de la commande qui sont interconnecte ave de la logique câble.

I.4.2. Définition de la logique câblée

La logique câblée et la méthode d'alimentation et de communication dans un système, interconnectant des opérateurs matériels, réalisant des fonctions logiques de base suivant la technologie adoptée, il peut s'agir de relais électromagnétiques, ou de relais statiques interconnectés par fil. La figure I.1 représente un schéma d'un system réalise par la logique câblé

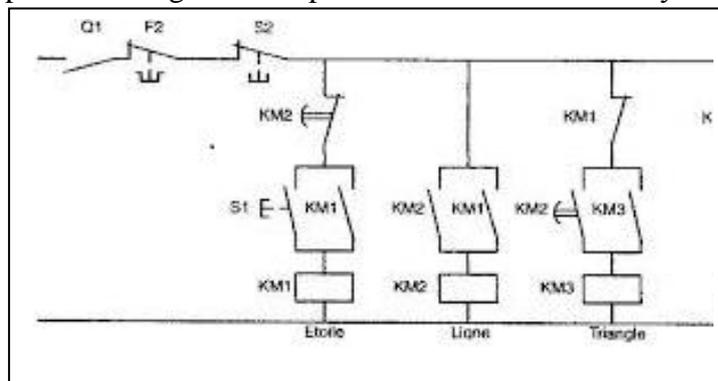


Figure I. 5:schéma d'un système réalisé par la logique câblée

I.4.2.1. Problèmes posés par la logique câblée

- le volume de matériel est directement proportionnel à la complexité des fonctions réalisées.
- la fonction en question est physiquement inscrite dans le câblage et donc Particulièrement difficile à modifier, que ce soit en phase de mise au point ou lors d'extensions ultérieures du processus.
- Le diagnostic des pannes compliquées et maintenance très Difficile.

- La durée de la maintenance est longue et le coût élevé d'appareils de rechange.

I.5. Appareillages qui augmentent la complexité du système actuel

I.5.1. Variateur de vitesse Schneider ATV 58

Le variateur de vitesse ATV 58 est un module compact. Programmable avec le logiciel ZELIO SOFT de Schneider. Il dispose de plusieurs entrées, sorties analogiques pour les raccordements au capteur et des autres bornes d'aimantation de puissance pour chaque pompe. La figure I.4 représente le variateur ATV 58.



Figure I. 6: variateur ATV 58

I.5.2. Les Relais

Un relais électromécanique est un organe électrique permettant de dissocier la partie puissance et la partie commande. Il se compose principalement d'un électroaimant qui, lorsqu'il est alimenté, transmet une force à un système de commutation électrique. La figure I.4 représente un variateur ATV 58.

I.5.3. Les boutons poussoirs

Les boutons poussoirs sont des interrupteurs simples qui permettent de contrôler ou de commander la ligne de production. Chaque unité a ses propres boutons. C'est le principal moyen d'interaction entre l'homme et la machine.

I.5.4. Branchement d'appareillages

Le câblage d'armoires est divisé en plusieurs éléments pour garantir la liaison entre eux, avec plusieurs types de câbles de puissance et les fils de commande et de transmission des données pour assurer tout l'asservissement dans l'installation.

I.5.6 Schéma de puissance du système actuel

La figure I.6 représente le schéma de puissance si dessous représente le branchement de système actuel

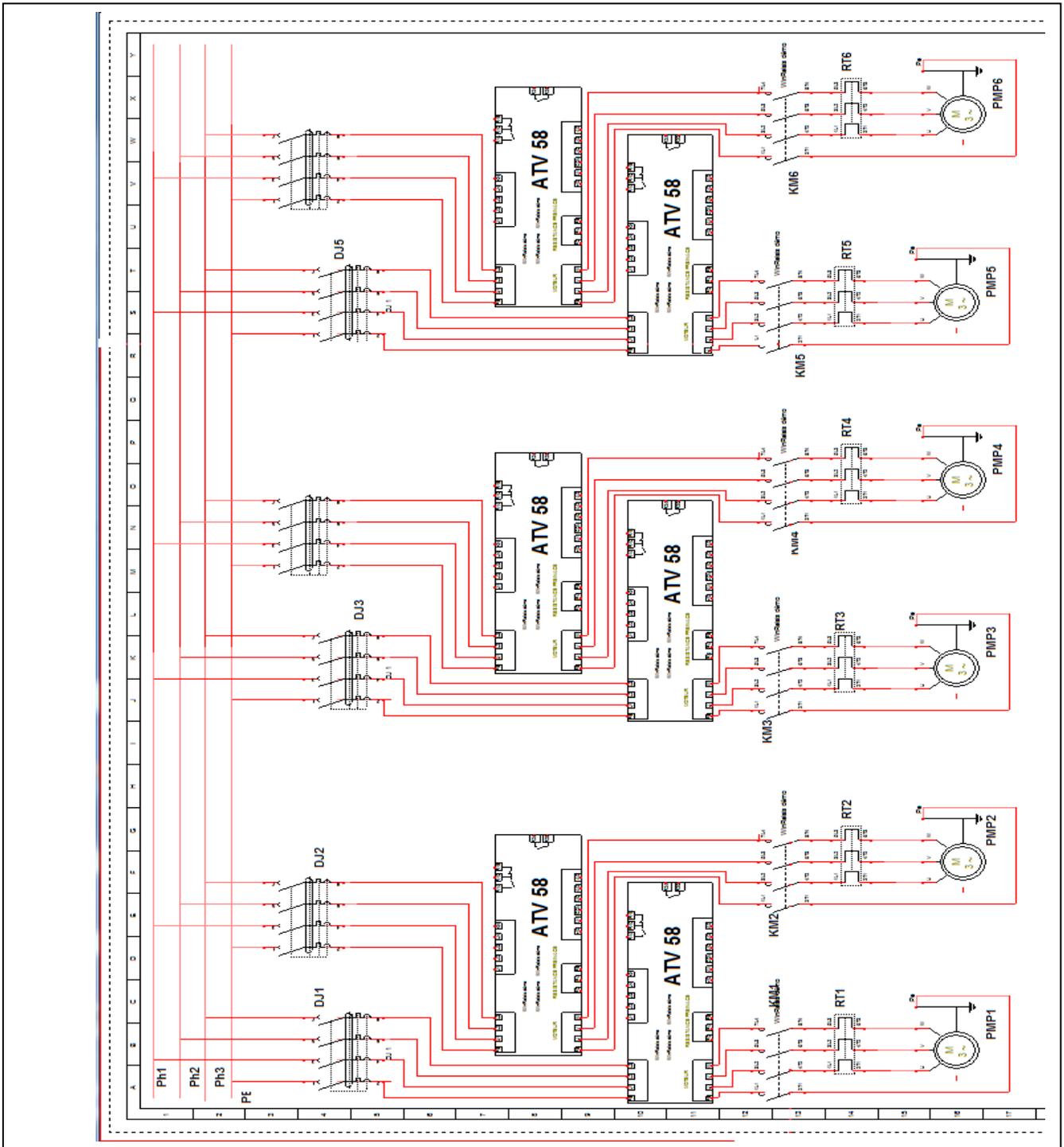


Figure I. 7: schéma de puissance de système actuel

I.5.6. Schémas de commande de système actuel

La figure I.7 représente Le schéma de commande si dessous représente le branchement de système actuel

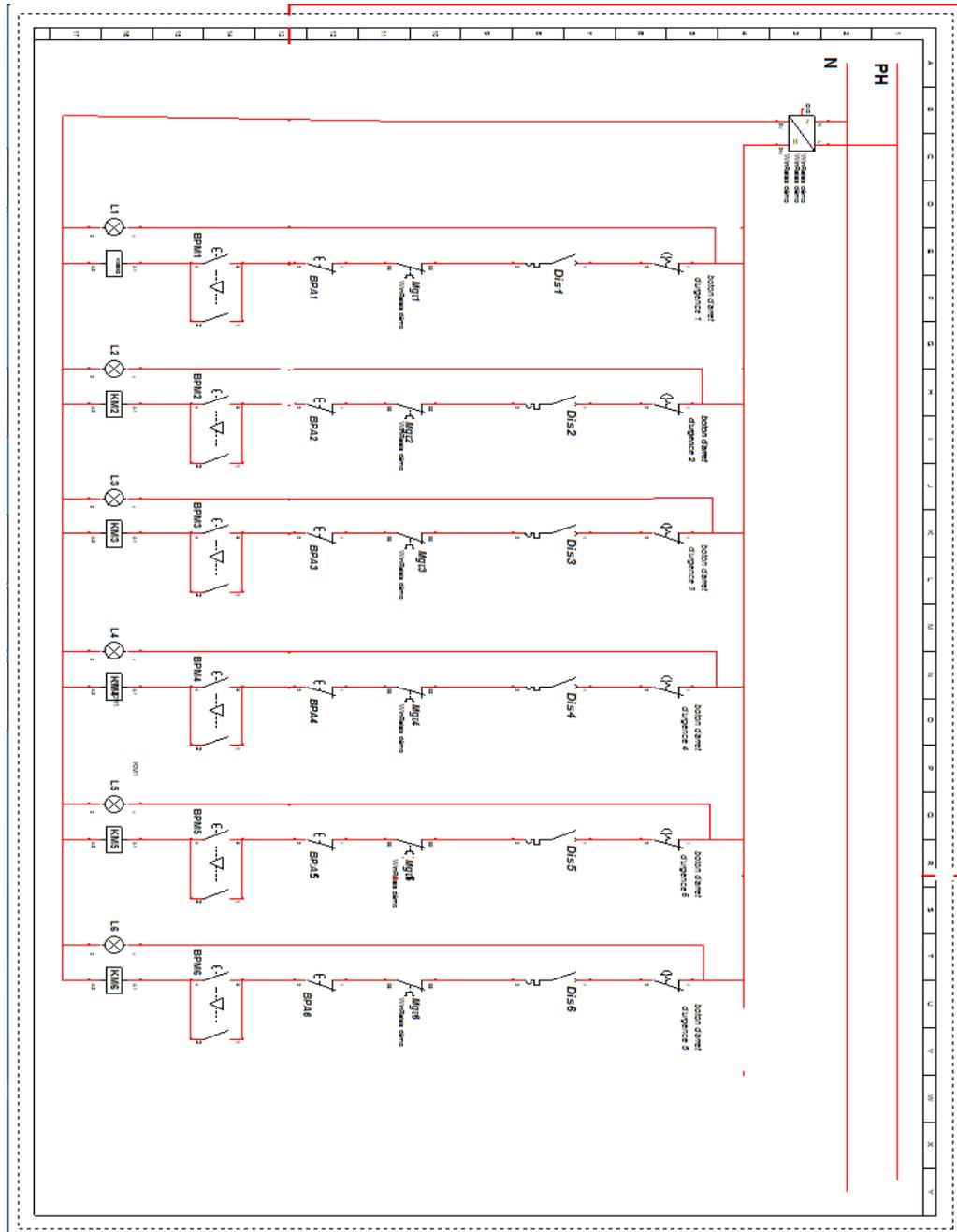


Figure. 8: Schéma de commande du système actuel

I.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons évoqué la description et la nécessité de communication et la commande dans l'industrie et. Les types de liaisons existants ont été aussi abordés et d'avoir Une vision générale sur le système existant de l'installation de pompage d'huile à Cevit

II.1. Introduction

Avant de faire la ré-automatisation de la station de pompage d'huile, nous allons proposer une solution la problématique. Puis nous allons élaborer le cahier des charges pour concrétiser la solution proposée. Nous allons présenter aussi dans ce chapitre les éléments qui constituent la nouvelle installation.

II.2. Solution au problème posé

La solution au problème posé est de remplacer le mode de communication de la station de pompage d'huile basée la logique câblée par un autre mode de communication avec réseau PROFIBUS. Le fonctionnement de la station de pompage a pour but de garder le niveau d'huile dans les cuves des remplisseuses plus ou moins constant.

II.3. Elaboration d'un cahier de charges

Expression du besoin la figure I.1 ci dessous represent l'éprissions du besoin de l'entreprise qui désir faire un changement dans un système

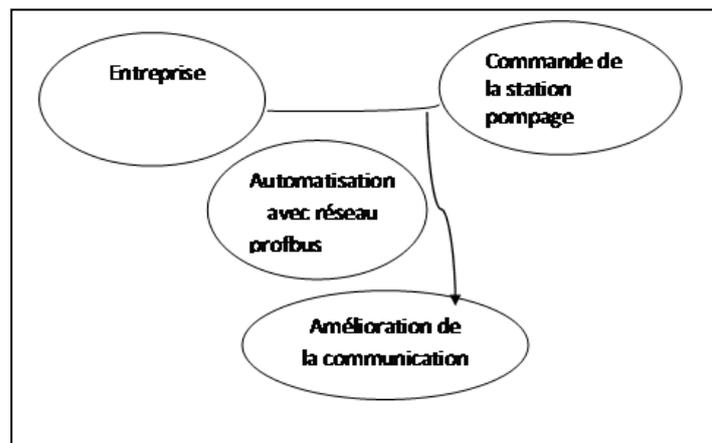


Figure I.1 :l'expression du besoin de l'entreprise

II.3.1. Fonction d'usage de l'automatisation

L'automatisation avec le réseau Profibus permet à l'entreprise d'améliore la communication et la commande de la station de pompage.

II.3.2. Analyse fonctionnelle

La figure II.2 représente l'analyse fonctionnelle de et les éléments qui ont relation avec les besoins de l'entreprise.

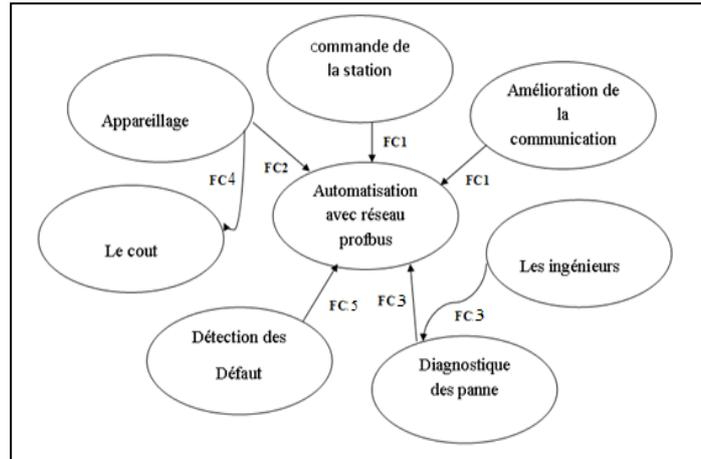


Figure I.2 : analyse fonctionnelle du système

I.3.3. Rédaction du cahier des charges fonctionnel

Le tableau II.1 présente le cahier des charges fonctionnel.

Tableau. II.1 : Cahier des charges fonctionnel

Repère	Fonction	Crêter	Niveau
FP1	Efficacité du système et une rapidité de la communication	Une grande vitesse de transmission des données	1.5 Mbit/s à 12 Mbit/s.
FP2	La simplicité de branchement entre tous les éléments	Le branchement par un câble et en série	Un câble Profibus
FC1	Avoir moins de dépenses	Les couts de la maintenance moins élevés	
FC2	Avoir moins d'appareillages dans l'installation	Automatisation par un seul automate modulable et six variateurs	CPU 315-2DP et VLT 2800
FC3	Permettre l'affichage des défauts et des pannes	Affichage des pannes sur le pupitre	IHM
FC4	L'installation doit avoir des nouveaux équipements	Suivre les nouvelles technologies pour être plus compétitif dans la production	
FC5	Avoir une bonne sécurité de système	Détection rapide des CC	Fusible Disjoncteur

I.3 4. Cahier des charges technologique

a. élément d'alimentation et sécurité

- alimentation : alimentation de système avec une tension alternatif 380V
- disjoncteurs magnétothermique : détection des court-circuit
- fusible : coupe le courant de défaut
- relai thermique : détection des surtensions

b. Elément de nouveau système

- pompe : aspiration d'huile des bacs de stockage et l'injecte dans les remplisseuses
- capteur de niveau 4 a 20mA : détection de niveau d'huile dans les remplisseuses
- alimentation stabilisé : alimentation les éléments de l'automate
- CPU : l'automate qui exécute le programme
- entre et sortie analogique : borne de branchement des capteurs
- variateur de vitesse : varie la vitesse des pompes en fonction de niveau
- câble profibus : câble de branchement en série entre la cpu et les variateurs
- interface homme machin : une interface pour la supervision de système

II.4 Identification des équipements de la nouvelle installation

II.4.1 Alimentation

C'est une alimentation qui prélève directe de la station de production d'énergie électrique du complexe de Cevital. C'est une tension triphasée alternative de 380 V avec une fréquence de 50 Hz.

II.4.2 .Disjoncteur magnétothermique

C'est un Appareil mécanique de connexion capable d'interrompre le courant dans des conditions de fonctionnement particulières. Le disjoncteur magnétothermique protège donc le matériel contre les surtensions et surintensités de type surcharge et court-circuit.

II.4.3. Fusible

Le fusible est un organe de sécurité dont le rôle est d'ouvrir un circuit électrique lorsque le courant électrique de celui-ci atteint une certaine valeur pendant un temps donné. Dans notre installation, nous avons deux types de fusibles de puissance et de commande qui sont ultra rapide (<1ms).

II.4.4. Présentation du module S7-315-2DP

Le module S7-315-2DP est un automate programmable industriel modulaire du géant allemand Siemens. Il propose un très large choix de modules pour des applications diverses des E/S des modules de mesure de débit, des modules de régulation...etc. Il répond aux besoins les plus poussés de l'automatisme, ce qui fait de lui un choix très recommandé pour la réalisation de systèmes automatisés performants [4].la figure II.3 représente les différents modules de l'automate SIEMENS

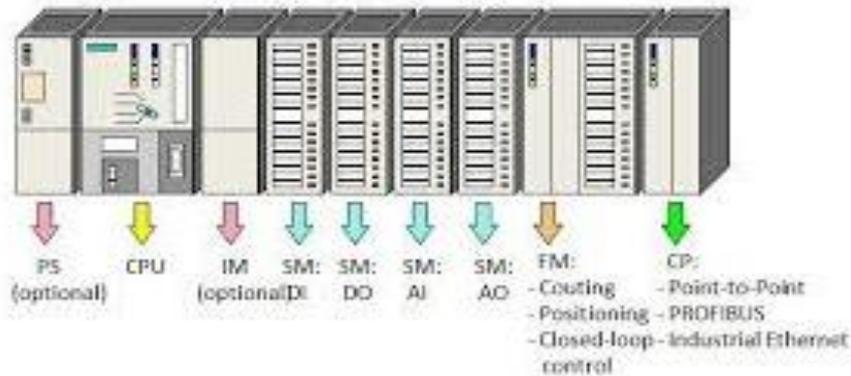


Figure II.3: Différents modules de l'automate siemens

II.4.4.1. Alimentation stabilise

Le module d'alimentation délivre une tension de 24 V à un courant continu de 2A, 5A et 10A. La tension de sortie a une séparation galvanique pour protéger la CPU contre les courants de court-circuit. La figure II.4 représente une source d'alimentation continue 24 V.



Figure II.4Source d'alimentation 24 V DC

II.4.4.2. Description de la CPU 315-2DP

C'est un organe essentiel dans l'automatisation bâti autour d'un ou plusieurs processeurs et mémoire. La CPU possède un système d'exploitation, une unité d'exécution et des interfaces de communication comme le Profibus DP. La CPU lit les signaux d'entrée et exécute le programme injecté à l'intérieur [4]. La figure II.5 montre la photo de la CPU315-2DP .



Figure II.5: CPU315-2DP

1. LED de visualisation de défauts, 2. Logement pour carte mémoire 3 : Commutateur de mode de fonctionnement, 4. Logement des ports de communication et d'alimentation, 5. Interface multipoints MPI des CPU, 6. Interface Profibus DP, 7. Bornes d'alimentation

Le commutateur de mode de fonctionnement couvre les fonctions suivantes :

- RUN-P (mode de fonctionnement RUN-PROGRAM) : la CPU traite le programme utilisateur qui peut être modifié sans passer au mode STOP.
- RUN : la CPU traite le programme utilisateur qui ne peut pas être modifié sans passer au mode STOP.
- STOP : la CPU ne traite aucun programme utilisateur, la modification du programme est permise.
- MRES (Effacement général) : position instable du commutateur de mode de fonctionnement pour effacement général de la CPU. Pour réaliser un effacement général avec le commutateur de mode, il faut respecter un ordre particulier de commutations.

La carte mémoire permet d'étendre la mémoire de chargement de la CPU, de sauvegarder le programme utilisateur et les paramètres de la CPU et des modules.

Cette CPU dispose d'une interface Profibus DP qui permet une vitesse maximale de 12Mbits/s, et d'une interface MPI [2].

II.4.4.3 Modules d'entrées et de sorties

Les modules d'entrées et de sorties (Figure II.6) sont insérés sur le rack qui est à côté de la CPU. Cette unité est équipée de plusieurs entrées utilisées pour les capteurs. Ces modules transmettent les signaux de communication des capteurs vers la CPU.



Figure II.6 : Module d'entrées et de sorties de l'automate

II.4.5. Présentation de réseaux Profibus

Profibus (Process Field Bus) est un bus ouvert, standardisé et indépendant répondant aux besoins d'un large éventail d'applications. Dans les systèmes de communication en série et bifilaire acceptant les appareils de divers constructeurs, c'est le réseau idéal à l'échelle de la cellule qui permet une transmission rapide de moyennes quantités de données entre API, PC, Profibus est actuellement standardisé dans les normes IEC 61158 et EN 50 170 [5]. Un exemple d'un schéma de réseau Profibus est donné dans la figure II.6.

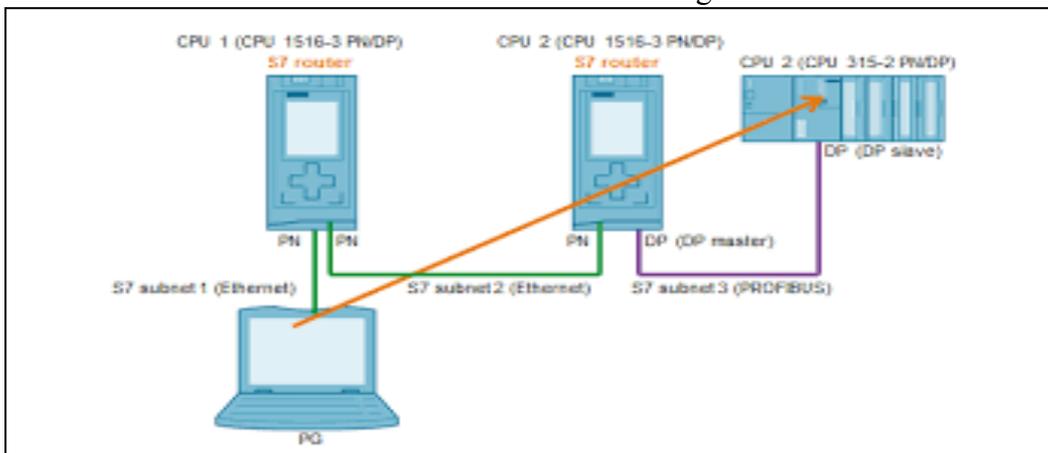


Figure II.7: Schéma d'un réseau PROFIBUS

II.4.5.1 Différents protocoles PROFIBUS

a. PROFIBUS-DP

Le profibus-DP est utilisé pour décentraliser une installation, ceci a pour effet une réduction notable des frais de câblage. Les modules d'E/S, qui sont des esclaves, sont ainsi plus proches du terrain et sont reliés au contrôleur central, qui est le maître, par un bus série à haut débit.

Le réseau cuivre, qui est le plus utilisé de fait de sa simplicité, est composé de deux fils, vert et rouge, isolé par un double blindage en utilisant un feuilletage et une tresse, et l'ensemble est enveloppé dans une gaine en plastique de couleur violette. Le réseau est composé de plusieurs segments relié entre eux par des répéteurs. Chaque segment peut connecter jusqu'à 32 appareils. Le nombre maximum de répéteur est de 9 et le nombre total de station sur le bus ne peut pas excéder 126.

Le réseau optique permet d'étendre l'installation sur plusieurs kilomètres, il est le plus souvent utilisé conjointement avec le réseau cuivre. L'interconnexion des deux réseaux se fait via des OLM (Optical Link Module), la distance entre deux OLM peut atteindre 15 km en cas d'utilisation d'une fibre optique en verre et 80 m pour une fibre optique en plastique et le nombre maximal d'OLM dans le réseau est de 122 [5].

b. PROFIBUS-PA

le profibus PA est très utilisé dans l'industrie a des procédés, où le risque d'explosion est élevé, comme c'est le cas dans l'industrie chimique ou pétrolière. Les instruments de mesure et les actionneurs sont connectés sur le même bus qui transporte l'alimentation des équipements en plus des données Les fils sont blindés par une feuille conductrice et une tresse, l'ensemble est enveloppé dans une gaine en plastique de couleur caractéristique bleue. La vitesse de transmission est fixée à 31.25kbit/s. Son mode de fonctionnement est identique à celui du PROFIBUS-DP. En effet, ils utilisent le même protocole, la seule différence réside dans la couche physique. Par conséquent, les deux réseaux DP et PA peuvent être connectés entre eux via des coupleurs DP/PA (Interconnexion de PROFIBUS DP et PA) [3].

c. PROFINET-IO

PROFINET est un standard de communication ouvert pour l'automatisation industrielle. C'est une évolution du réseau PROFIBUS-DP vers une base Ethernet. Il possède

certaines concepts de base qui ont valorisé PROFIBUS sur le marché tel que la simplicité de mise en œuvre, possibilité de faire des diagnostics et l'utilisation des fichiers descriptifs. Il ne s'agit pas pour autant d'une simple encapsulation du protocole PROFIBUS dans des trames Ethernet. PROFINET-IO permet la réalisation d'applications décentralisées modulaires. Du point de vue performance, la supériorité d'un réseau Ethernet, en termes de vitesse, taille de données ou nombre de PROFINET IO est évidente [5]

II.4.5.2. Choix du réseau PROFIBUS

Le PROFIBUS-DP est un réseau largement utilisé dans la communication industrielle, car il répond avec une grande performance et adaptation. Son simple branchement et sa facilité de mise en œuvre entre les appareils qui constituent l'installation, le système d'automatisation et les périphériques décentralisés constituent ses points forts par rapport aux autres protocoles de communication. Une autre raison pour laquelle il est largement utilisé est son faible coût. La figure II.8 illustre le schéma d'un réseau PROFIBUS- DP.

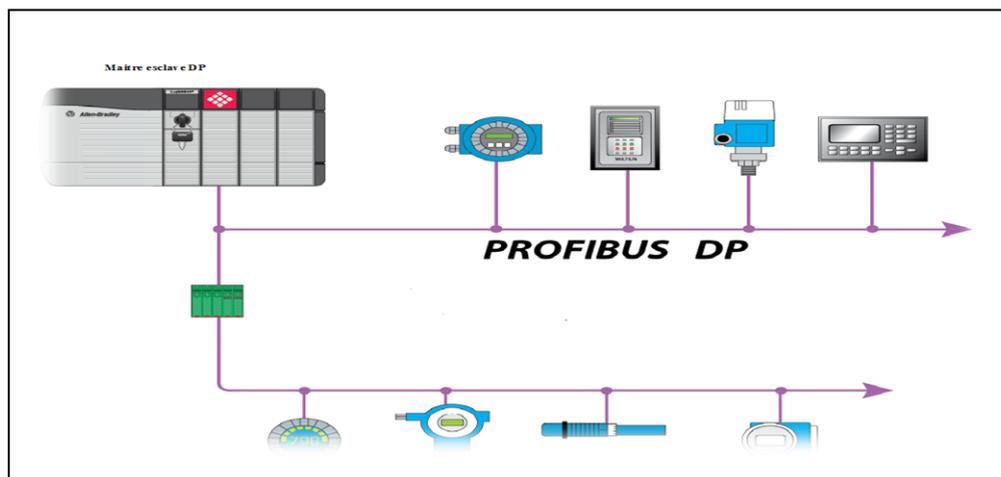


Figure II.8: Schéma d'un réseau profibus- DP

II.4.5.3. Avantage du profibus-DP

- Fonctions modulaires interchangeables, pour répondre facilement aux évolutions des besoins,
- Des produits faciles à comprendre pour tous les utilisateurs, électriciens ou automaticiens.
- Un seul câble pour les entrées et les sorties,
- Rapidité de transmission des données et amélioration de la qualité de service.,
- Logiciels et accessoires communs aux familles de produits,
- Réduction du temps d'arrêt de production advenant panne[5].

II.4.5.4. Mode de fonctionnement de PROFIBUS-DP

Le PROFIBUS-DP est utilisé dans la station d'huile pour les liaisons des capteurs et variateurs de vitesse VLT 2800 et la connexion avec la CPU pour la réalisation des fonctions de commande, d'automatisation et de régulation à temps réel.

II.4.5.5. Types de câble pour PROFIBUS

C'est un câble bifilaire torsadé, on le reconnaît toujours grâce à sa couleur violette. En l'ouvrant, on trouve le blindage qui est un enrobage de feuille en aluminium qui constitue le neutre qu'on met à la terre. Les deux fils vert et rouge sont utilisés pour le transfert des données.

II.4.5.6. Connecteur PROFIBUS- DP

Le connecteur de bus pour le PROFIBUS-DP (Figure II.9) se connecte au port Profibus de la CPU et les câbles sortants du connecteur se brancheront au différents matériels pour assurer la liaison de la communication.



Figure II. 9: connecteur de câble PROFIBUS

I.4.6. Variateurs de vitesse

Un variateur de vitesse est un dispositif électronique, destiné à commander la vitesse d'un moteur électrique. Il est constitué principalement d'un convertisseur statique et des cartes électroniques de commande. Les variateurs récents contiennent aussi un étage de correction du facteur de puissance afin de respecter les normes de compatibilité électromagnétique. En général le convertisseur statique et un hacheur ou onduleur. L'électronique de commande réalise la régulation et l'asservissement de la machine à travers le convertisseur statique de sorte que l'utilisateur puisse commander directement vitesse de la machine.

I.4.6.1. Critère de choix d'un variateur de vitesse

L'ensemble moto-variateur doit être choisi pour :

- Vaincre le couple résistant de la machine entraînée dans toute la plage de vitesse utilisée,
- Fournir le couple accélérateur nécessaire,
- Fournir le couple de freinage éventuellement nécessaire pour décélérer rapidement,
- Respecter la gamme de vitesse imposée par le procédé.

II.4.6.2. Choix de variateur vitesse Danfoss VLT 2800

Le variateur Danfoss VLT 2800 (Figure II.10) est un équipement alimenté directement par la tension du réseau et permet de faire varier la fréquence. Il contient une fiche de réseau PROFIBUS qui lui permet de communiquer avec l'automate, et des bornes pour le branchement de capteurs et d'actionneurs. Il contient aussi, un afficheur, des boutons de contrôle et des contacteurs pour la commutation des relais thermiques électroniques de protection du moteur [6].



Figure II.10 : Variateur Danfoss VLT 2800

II.4.6.3. Mode de fonctionnement

Le variateur VLT 2800 est alimenté avec une tension alternative triphasée. Il redresse cette tension à une tension continue puis la convertit en une tension alternative d'amplitude et de fréquence variables. Cette dernière est utilisée pour alimenter les pompes de l'installation. Ce variateur offre la possibilité de commander la vitesse du moteur à l'aide de la fiche réseau

PROFIBUS. La connexion du variateur VLT 2800 au mode PROFIBUS se fait par les bornes de bus 68 69 DP qui est relié à la CPU par un seul de câble PROFIBUS.

La communication entre la CPU et les six variateurs VLT 2800 et en série avec une transmission de données synchronisé à une adresse bien spécifique de variateur et sont envoyées bit par bit séquentiellement par un seul canal d'une quantité de 16 bit qui sont divisés sur deux : les bits de mot de contrôle et les bits de mot d'état.

- Les bits du mot d'état sont utilisés pour signaler a la cpu le statut du variateur comme : prêt, sou tension, en défaut.
- Les bits de mot de contrôle sont utilisés pour envoyer des commandes de contrôle au variateur comme : fréquence.

II.4.6.4. Avantages du variateur de vitesse

- Le démarrage graduel de la pompe afin et limite les courants de démarrage,
- La bonne précision commande de la de la vitesse.
- La démunissions de la consommation d'électricité.
- Des nouveaux variateurs plus performants peuvent évitant l'interruption de procède en cas de perturbation de réseau de courte durée avec leur stabilité intégrée [6].

II.4.7. Pompes de la station d'huile

Les pompes utilisées dans la station sont des pompes centrifuges équipées d'un moteur asynchrone triphasé, une roue à aubes et un collecteur de section croissante. Le mouvement du liquide est assuré par la rotation de la roue fixée sur un axe solidaire avec l'axe du moteur. La figure II.11 représente un exemple de pompes centrifuges.



Figure II.11: Pompe centrifuge

L'huile est stockée dans des bacs de 400 tonnes. Elle est transférée aux remplisseuses par les pompes d'alimentation. Ces dernières sont alimentées par des variateurs de vitesse (VLT 2800), automatisées et régulées d'une façon à ce que la remplisseuse ne soit pas en manque ou submergée d'huile.

II.4.8. Remplisseuse

Dans son sens littéral, le terme remplissage n'est rien d'autre que l'opération qui consiste, par le biais d'une machine, à conditionner des produits liquides comme des huiles ou de l'eau. Notre remplisseuse est de type rotative.

Le remplissage d'une bouteille se produit le liquide est transféré des bacs stockage vers la cuve de la remplisseuse. Ce qui distingue une technique de remplissage par rapport à une autre, c'est la manière dont on détermine la quantité exacte de produit distribué dans chaque contenant. Il existe plusieurs systèmes et techniques à notre disposition. Nous pouvons distinguer trois catégories, à niveau, débitmètre et pondérale [7]. Notre machine est une remplisseuse à niveau (Figure II.12).

L'asservissement du niveau d'huile dans la cuve est garanti par des capteurs de niveau qui mesurent en permanence le niveau d'huile dans la cuve et le remplissage se fait par les pompes de la station.

II.4.9. Capteurs de niveau analogiques

Les capteurs analogiques servent à transformer une grandeur physique de type impédance, capacité, inductance ou de tension en un signal dit analogique. Les capteurs installés dans les cuves des remplisseuses émettent un Signal d'une intensité équivalente à l'intervalle 4 mA jusqu'à 20 mA. Chaque niveau de la cuve correspond à une intensité spécifique qui sera converti à un signal numérique par un convertisseur analogique/numérique pour qu'elle soit traitée par la CPU [8]. La figure II.13. illustre le capteur de niveau analogique.



Figure II.13: Capteur de niveau analogique

II.4.10. Convertisseur analogique –numérique

Le convertisseur analogique/numérique (Figure II.14) est un montage électronique dont la fonction est de traduire une grandeur analogique en une valeur numérique codée sur plusieurs bits. Le signal converti est le plus souvent une tension électrique [8].

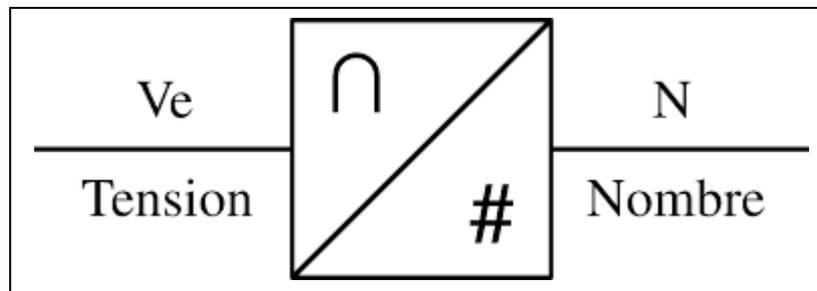


Figure II.14:Convertisseur analogique-numérique

II.4.11 Interface homme machine IHM

Une interface homme machine (IHM) est une interface qui permet une interaction entre l'être humain et la machine. Pour faire la supervision un système nécessaires a l'homme de réalésé un programme bien spécifique au système et IHM affiche l'état de fonctionnement d'un procédé et tout les boutons de contrôle de la commande

II.4.11 .1. Choix des IHM

Dans notre système de la nouvelle installation, on utilise un pupitre Multe Panel Touch (Figure II.15) en liaison avec l'automate. Ce pupitre offre la possibilité de communication avec le monde de la bureautique élargie et les appareils sont équipés des composants suivants :

- Interface PROFIBUS
- Interface Ethernet pour la connexion PROFINET-AP.
- Deux interfaces USB.
- Interface MPI.
- Ecran TFT (LCD) couleur à 64LC.

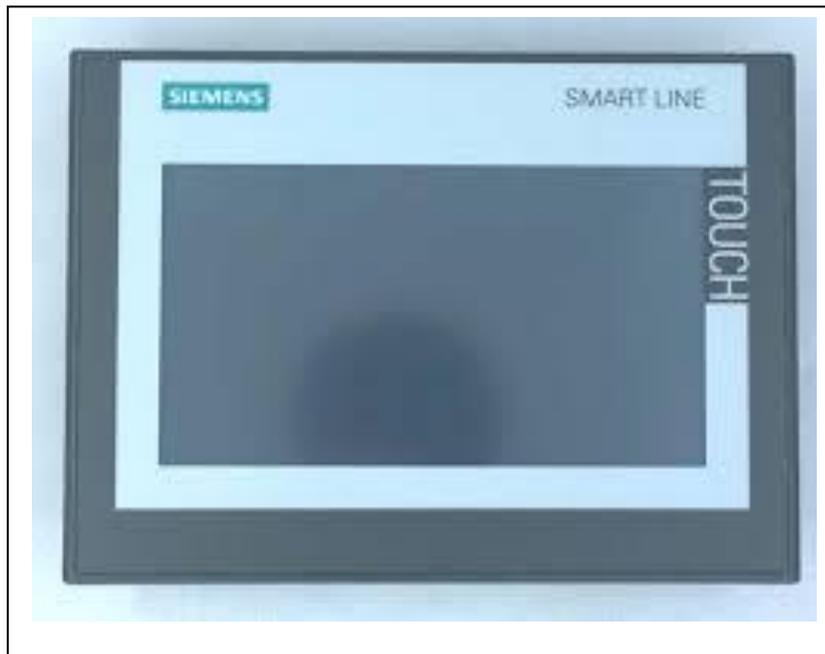


Figure II.15: Interface Homme Machine (IHM)

II.5. Conclusion

Cette partie de notre travail nous a permis d'avoir une idée générale l'appareillage qui constitue notre installation de pompage, et de comprendre d'une manière globale le protocole de communication par réseau PROFIBUS. Le choix du variateur et le type de communication ont été aussi discuté. Enfin, nous avons clôturé ce chapitre par le choix de l'interface Homme Machine utilisée pour la supervision de l'installation.

III.1. Introduction

Après avoir vu les problèmes du système actuel et les nouveaux organes de la station de pompage. Nous avons procédé à la programmation et la réalisation des schémas de puissance et de commande des six pompes de la station. Rappelons-le une autre que l'objectif est de garder un niveau plus au moins constant dans les cuves des remplisseuses des différentes lignes de conditionnement.

III.2. Présentation du nouveau système de l'installation

La station de pompage d'huile est constituée de six pompes, chacune est alimentée par un variateur de vitesse de type DANFOSS LTV 2800 pour un démarrage progressif sous une tension triphasée de 380 V. La liaison entre les différents organes est réalisée à l'aide d'un réseau de communication PROFIBUS-DP, tous les variateurs sont connectés en série avec le câble-DP. Chaque variateur a son adresse spécifique à lui, les capteurs de niveau mesurent le niveau d'huile dans les cuves et transmettent des signaux à la CPU qui envoie la fréquence de rotation nécessaire des pompes au variateur de vitesse pour réguler le niveau.

III.3. Aperçu sur l'automatisme industriel

III.3.1. Automate Programmable

Un automate programmable est un appareil dédié au contrôle des machines ou d'un processus industriel, constitué des composants électroniques, comportant une mémoire programmable par des utilisateurs à l'aide d'un langage adapté. En d'autres termes, un automate programmable est un calculateur logique, ou ordinateur, au jeu d'instructions volontairement traduit destiné au contrôle et à la conduite et la surveillance en temps réel d'un processus industriels [9].

III.3.2. Automatisation

L'automatisation est aujourd'hui utilisée dans l'industrie pour avoir une bonne qualité de communication entre les différentes parties d'un système, elle se base sur l'utilisation des automates programmable. Ces derniers offrent de nombreuses possibilités grâce à la programmation de fonctions très élaborées et les modifications sont aisément réalisées par la programmation et l'on peut obtenir des fonctions très différentes dans le même programme prenant en compte des impératifs de processus industriel [9].

III.3.3. Système automatisé

L'automatisation consiste à rendre automatique les opérations qui exigeaient auparavant l'intervention humaine. Ce système est un sous-ensemble d'une machine, destiné à remplacer l'action de l'être humain dans les tâches simples ou difficiles ou encore répétitives, réclamant précision et rigueur. On est passé d'un système dit manuel, à un système mécanisé, puis à un système automatisé.

III.3.4. Objectif de l'automatisation

Parmi les objectifs de l'automatisation on peut citer :

- amélioration de la flexibilité de production ;
- Accroître la productivité du système c'est-à-dire augmenter la quantité de produits ;
- adaptation à des environnements hostiles pour l'homme (milieu salin, spatial, Nucléaire...etc.);
- augmentation de la sécurité;
- adaptation à des tâches physiques ou intellectuelles pénibles pour l'homme (Manipulation de lourdes charges, tâches répétitives parallélisées...etc)
- un gain de valeur ajoutée sous forme de rentabilité dans la production

III.3.5. Structure d'un système automatisé

Tout système automatisé est composé de trois parties principales : partie opérative, partie commande et partie relation (Figure III.1).

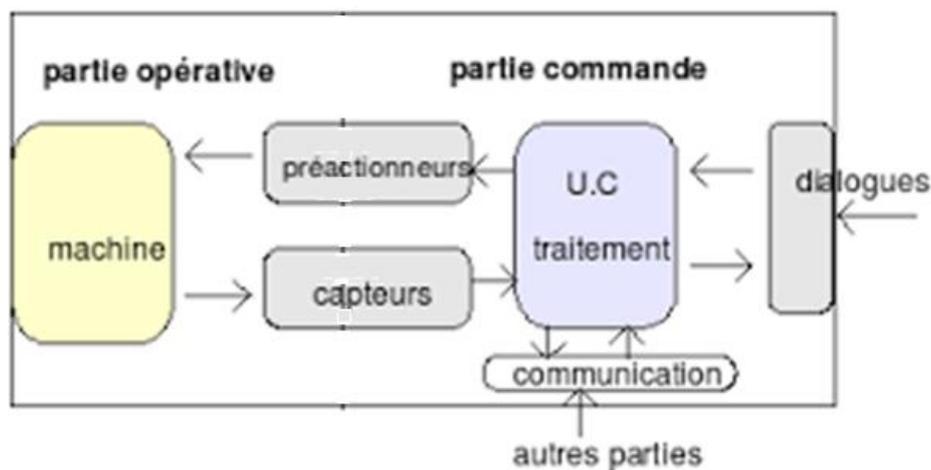


Figure III. 1: Structure d'un système automatisé

III.4. Présentation des logiciels utilisés

Dans ce projet, nous utilisons le logiciel STEP 7 pour la programmation et l'automatisation, le logiciel Win CC Flexible pour la supervision et visualisation en temps réel de l'état et de l'évolution du système automatisé et le logiciel XRelais pour la schématisation des circuits électriques.

III.4.1. Logiciel STEP7

STEP7 est un logiciel de base pour la configuration et la programmation de systèmes d'automatisation SIMATIC (S7-300, S7-400 et S7 315-2DP). Il fait partie de l'industrie logicielle SIMATIC. Les tâches de bases qu'il offre à son utilisateur lors de la création d'une solution d'automatisation sont :

- La création et la gestion de projet ;
- La configuration et le paramétrage du matériel et de la communication ;
- La gestion des mnémoniques ;
- La création des programmes ;
- Le chargement des programmes dans les systèmes cibles ;
- Le test de l'installation d'automatisation ;
- Le diagnostic lors des perturbations des installations [10].

La programmation en STEP7 présente trois modes de représentations possibles qui peuvent être combinés dans une même application :

- Schéma logique (LOG)
- Schéma contact (CONT)
- Liste d'instructions (LIST)

Chaque mode du programme a ses avantages mais aussi ses limites. Si les règles de programmation ont été respectées lors de la programmation, la compilation est possible dans les trois modes de représentation. Les programmes en CONT ou en LOG sont en principe toujours traduisibles en LIST. Dans la mémoire du programme de l'automate, le programme est toujours stocké en LIST (plus exactement en langage machine).

III.5. Réalisation de GRAFCET de conduite de nouveau système

Le GRAFCET (Grphe Fonctionnel de Commande des Étapes et Transitions) est un mode de représentation et d'analyse d'un automatisme, particulièrement bien adapté aux

systemes à évolution séquentielle, c'est-à-dire décomposable en étapes. Il est dérivé des modèles mathématiques des réseaux de Pétri.

La figure III.2 représente le Grafcet de conduite système.

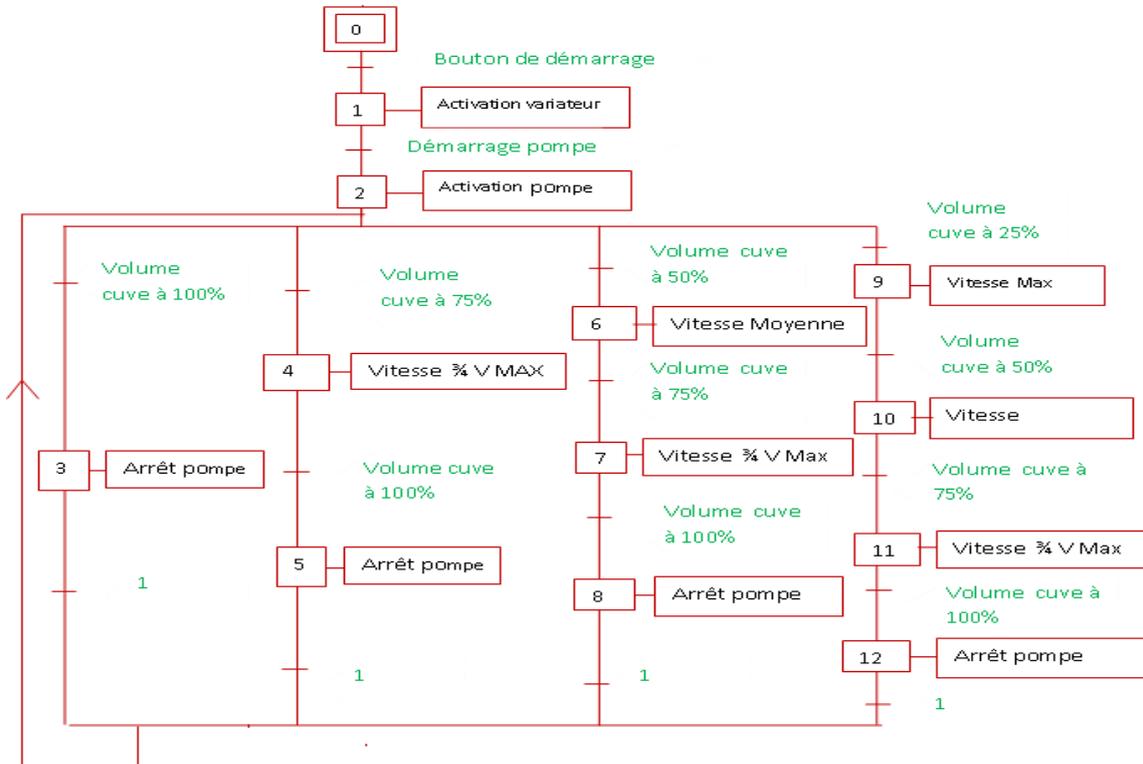


Figure III.2 : Grafcet de conduite de nouveau système.

III.6. Analyse fonctionnelle du Grafcet

Les pompes des six lignes de la station fonctionnent de même manière. La cadence de pompage varie en fonction du volume d'huile dans les cuves, la premier condition si activation de variateur et les pompe si le volume a 25% vitesse de la pompe est maximale, si le volume 50% la vitesse est moyenne, et si le volume 75% la vitesse et a 3/4 de la vitesse maximale, si le volume d'huile a atteint le maximale de la cuve la pompe s'arrête complètement.

III.7. Elaboration du programme avec STEP7

III.7.1. Création d'un projet sous STEP7

Un projet permet de regrouper un ensemble de programmes et de données nécessaires pour réaliser une tâche d'automatisation. Les étapes de création d'un projet sont les suivantes :

1. En cliquant sur l'icône SIMATIC MANAGER, le logiciel démarre et la fenêtre ci-dessous s'affiche sur l'écran ;

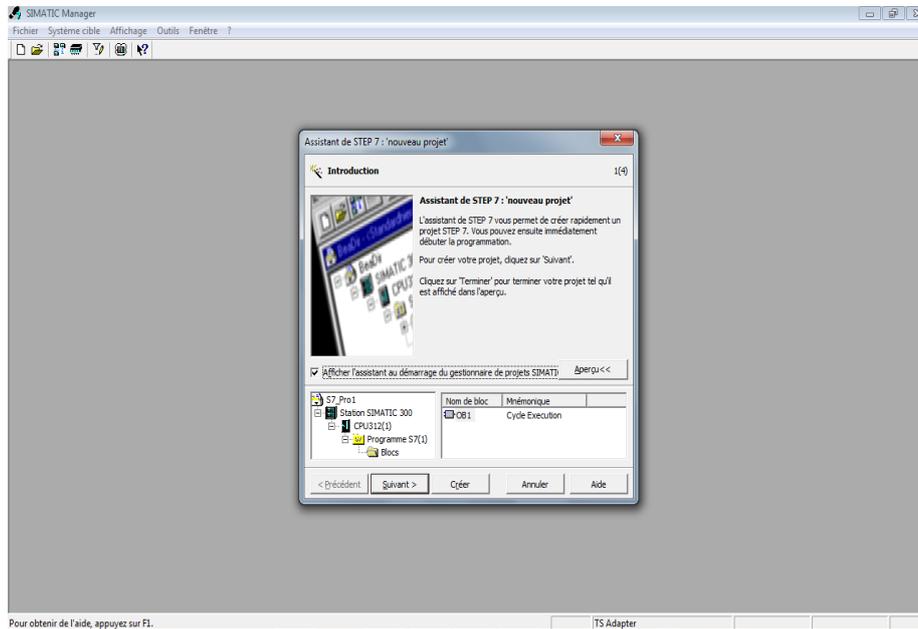


Figure III. 2: Fenêtre de SIMATIC MANAGER d'assistance STEP 7

2. En cliquant sur l'icône « suivant » de la fenêtre précédente, une autre fenêtre apparaît (Figure III.4) qui nous permet de choisir la CPU avec laquelle nous allons travailler. Dans notre cas, nous avons choisi la CPU 315-2 DP.

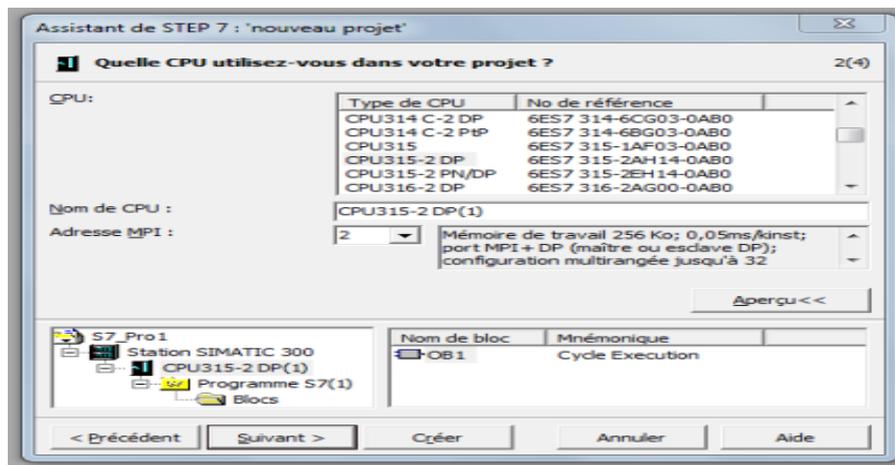


Figure III. 3 : Fenêtre d'assistant STEP 7

3. Après avoir choisi la CPU qui nous convient, la fenêtre qui apparaît va nous permettre de choisir les blocs à insérer, et le langage de programmation (LIST, LOG, CONT). Dans notre cas, nous avons choisi le bloc OB1 (bloc d'organisation) et le langage à contact (CONT) comme langage de programmation.

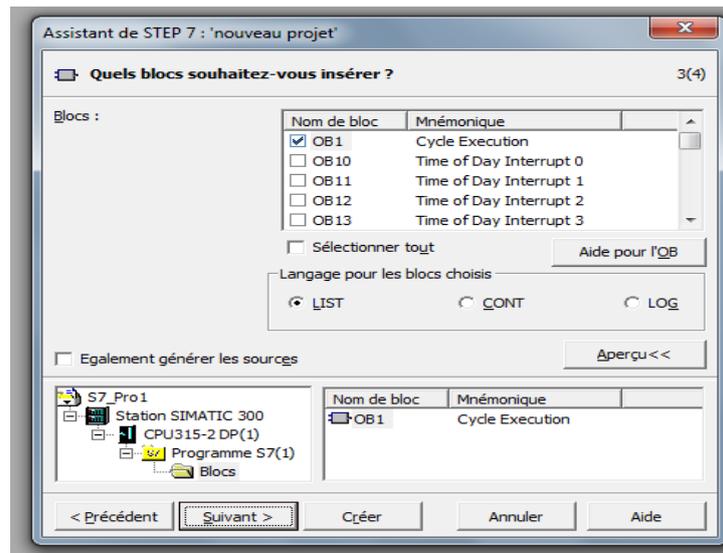


Figure III. 4 : Choix du bloc d'organisation OB1

4. En cliquant sur créer, la fenêtre suivante apparaît.

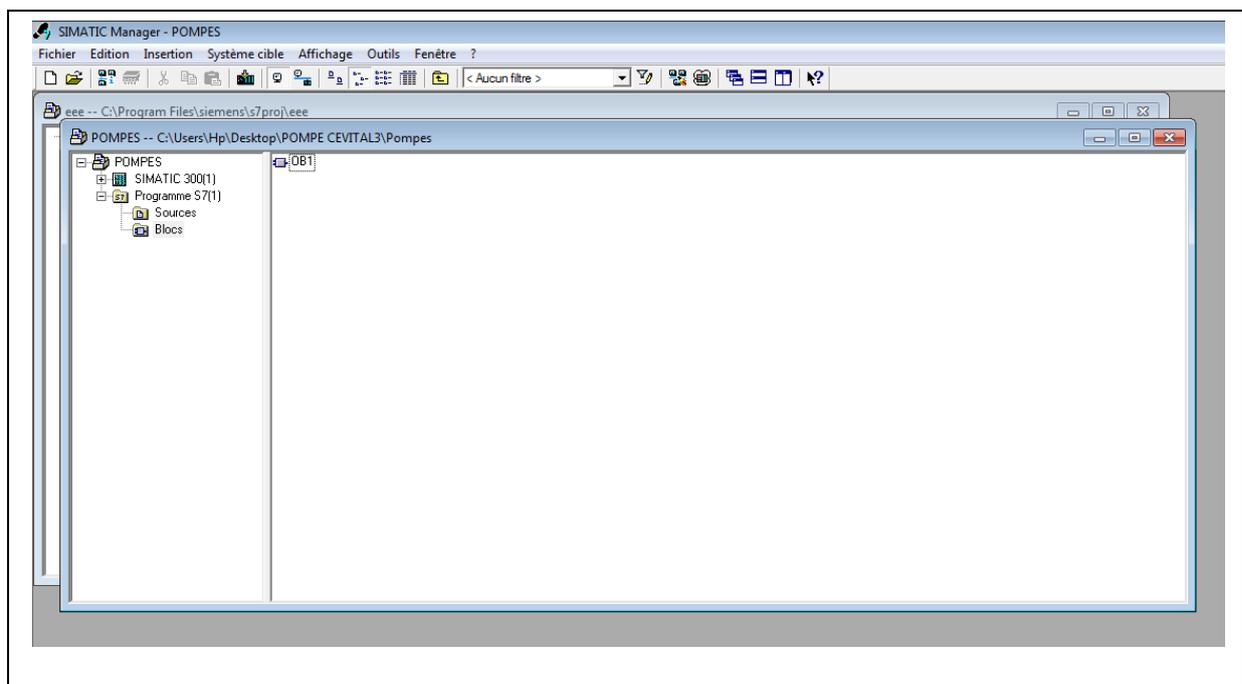


Figure III. 5 : Fenêtre de création des fonctions

III.7.2. Configuration matérielle

La configuration matérielle est une étape importante. Elle consiste à disposer les châssis (Rack), les modules et les appareils de la périphérie centralisée. Les châssis sont représentés par une table de configuration dans laquelle on peut placer un nombre défini de modules comme dans les châssis réels. Dans notre cas, nous avons choisi une alimentation PS 307 10A la CPU315-2 DP et un module d'entrées/sorties TOR pour la configuration de notre

matériel. Le choix du nombre d'entrées/sorties doit être fait en fonction des besoins de notre système.

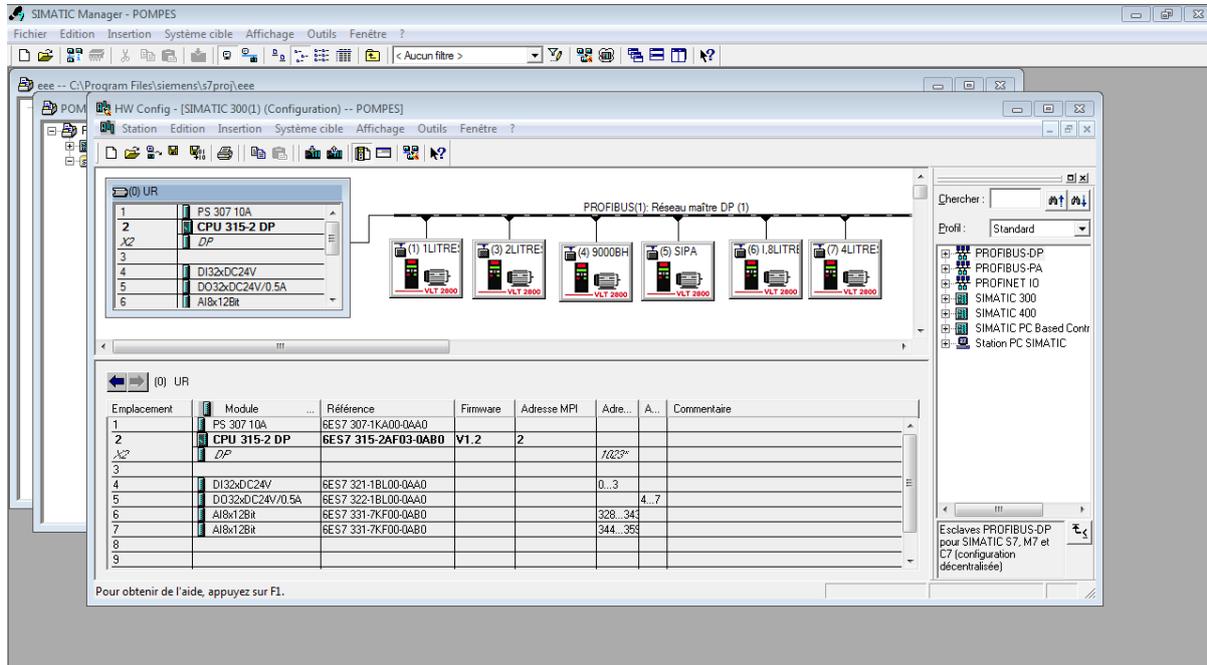


Figure III. 6 : Table de configuration matérielle

III.7.3. Création de la table des mnémoniques

La table des mnémoniques est les noms que l'utilisateur définit en respectant les règles de la syntaxe imposée. Elle est destinée à rendre le programme lisible et aide donc à gérer facilement le grand nombre de variables couramment rencontrées dans ce genre de programme. Le nom donné à l'adresse peut être utilisé directement dans le programme une fois les affectations terminées.

Le tableau III.1 donne la liste des mnémoniques utilisés dans notre programme.

Tableau III.1 : Liste de mnémoniques

	Etat	Mnémonique	Opérande	Type de d	Commentaire
1		1,8 LITRES	FC 6	FC 6	
2		1LITRE	FC 1	FC 1	
3		2LITRES	FC 2	FC 2	
4		4LITREBOXEE	FC 3	FC 3	
5		9000BH	FC 4	FC 4	
6		ACTIVATION CONT 1.8LITRE	M 60.0	BOOL	
7		ACTIVATION CONT 1LITRE	M 10.0	BOOL	
8		ACTIVATION CONT 9000BH	M 40.0	BOOL	
9		ACTIVATION CONT SIPA	M 50.0	BOOL	
10		ACTIVATION CONTACTEUR 4L	M 30.0	BOOL	
11		ACVIVATION CONTACTEUR 2L	M 20.0	BOOL	
12		AFFICHAGE NIV BAC A	MD 420	REAL	
13		AFFICHAGE NIV BAC B	MD 430	REAL	
14		AFFICHAGE NIV BAC C	MD 440	REAL	
15		AFFICHAGE NIV CUV 1LITRE	MD 120	REAL	

16	AFFICHAGE NIV CUVE 1.8L	MD 280	REAL	
17	AFFICHAGE NIV CUVE 2LITR	MD 215	REAL	
18	AFFICHAGE NIV CUVE 9000	MD 240	REAL	
19	AFFICHAGE NIV CUVE LBOXE	MD 230	REAL	
20	AFFICHAGE NIV CUVE SIPA	MD 260	REAL	
21	ARRET D4URGENCE	E 0.5	BOOL	
22	CONTACTE 1.8L	A 7.3	BOOL	
23	CONTACTE SIPA	A 8.0	BOOL	
24	CONTACTEUR 1.8 LITRES	A 9.0	BOOL	
25	CONTACTEUR 1LITRE	A 4.0	BOOL	
26	CONTACTEUR 4L B0XEE	A 6.0	BOOL	
27	CONTACTEUR 4LBOXEE	A 6.1	BOOL	
28	CONTACTEUR 9000BH	A 6.2	BOOL	
29	CONTACTEUR 9000BH	A 7.0	BOOL	
30	CONTACTEUR SIPA	A 6.3	BOOL	
31	COTACTEUR 2 LITRES	A 5.0	BOOL	
32	DEFAULT ARRET D'urgence	M 100.7	BOOL	
33	DEFAULT MAGN 4LBOXEE	M 100.2	BOOL	
34	DEFAULT MAGNE 1LITRE	M 100.0	BOOL	
35	DEFAULT MAGNETIQUE 9000BH	M 100.3	BOOL	
36	DEFAULT MAGNETIQUE SIPA	M 100.4	BOOL	
37	DEFUAT MAGNETIQUE 1.8L	M 100.5	BOOL	
38	DEMANDE HUILE 1.8L	E 5.1	BOOL	
39	DEMANDE HUILE 1LITRES	E 0.0	BOOL	
40	DEMANDE HUILE 2 LITRES	E 1.1	BOOL	
41	DEMANDE HUILE 4LBOXEE	E 2.1	BOOL	
42	DEMANDE HUILE 9000BH	E 3.1	BOOL	
43	DEMANDE HUILE SIPA	E 4.1	BOOL	
44	DESACTIVATION CONT 1.8L	M 50.1	BOOL	
45	DESACTIVATION CONT 1LITR	M 10.1	BOOL	
46	DESACTIVATION CONT 4LBOX	M 30.1	BOOL	
47	DESACTIVATION CONT 9000B	M 40.1	BOOL	
48	DESACTIVATION CONT SIPA	M 40.3	BOOL	
49	DISACTIVATION CONT 2L	M 20.1	BOOL	
50	MAGNETIQUE 1LITRES	E 0.1	BOOL	
51	MAGNETIQUE 2LITRES	E 0.2	BOOL	
52	MAGNETIQUE 4LITRE BOXEE	E 0.3	BOOL	
53	MAGNETIQUE 9000BH	E 1.3	BOOL	
54	MAGNETIQUE DEFAULT 2L	M 100.1	BOOL	
55	MAGNETIQUE SIPA	E 0.4	BOOL	
56	MAGNITEQUE 1.8L	E 1.4	BOOL	
57	MARCHE VARIATEUR 1 LITRE	M 10.2	BOOL	
58	MARCHE VARIATEUR 1.8LITR	M 2.5	BOOL	
59	MARCHE VARIATEUR 2 LITRE	M 2.1	BOOL	
60	MARCHE VARIATEUR 4 LITRE	M 2.2	BOOL	
61	MARCHE VARIATEUR 9000BH	M 2.3	BOOL	
62	MARCHE VARIATEUR SIPA	M 2.4	BOOL	
63	MOD_ERR	OB 122	OB 122	Module Access Error
64	MOT DE C0NTR0LE 1.8 LITR	PAW 304	WORD	
65	MOT DE C0NTR0LE 1LITRE	PAW 256	WORD	
66	MOT DE C0NTR0LE 2LITRES	PAW 268	WORD	
67	MOT DE C0NTR0LE 4LITRES	PAW 316	WORD	
68	MOT DE C0NTR0LE 9000BH	PAW 280	WORD	
69	MOT DE C0NTR0LE SIPA	PAW 292	WORD	
70	NEVEAU C0JV 9000BH	PEW 332	WORD	
71	NIV CUV 2LIBES	MD 124	DWORD	
72	NIV CUVE 2LITRES	MD 220	DWORD	
73	NIV TRES HAUT CUV 1LITE	M 101.2	BOOL	
74	NIVE TRES BAS CUV 1.8LI	M 102.0	BOOL	
75	NIVE TRES BAS CUV 1.8LI	M 101.7	BOOL	
76	NIVE TRES CBAS CUVE 2LI	M 102.2	BOOL	
77	NIVE TRES HAUT CUVE SIPA	M 100.6	BOOL	
78	NIVE TRESHAUT CUVE 1.8LI	M 102.1	BOOL	
79	NIVE TRESHAUT CUVE 2LITR	M 102.3	BOOL	
80	NIVEAU BAC A	PBW 344	WORD	
81	NIVEAU BAC C	PEW 348	WORD	
82	NIVEAU CUV 1.8LITRES	PEW 339	WORD	
83	NIVEAU CUV 4LITRES	PEW 334	WORD	
84	NIVEAU CUV SIPA	PEW 336	WORD	
85	NIVEAU CUVE 1LITRES	PEW 328	WORD	
86	NIVEAU CUVE 2LITRES	PEW 330	WORD	
87	NIVEAU TRES BAS CUVE 1LI	M 101.0	BOOL	

88	NIVEAU TRES BAS CUVE 4L	M	101.3	BOOL	
89	NIVEAU TRES BAS CUVE 900	M	101.5	BOOL	
90	NIVEAU TRES HAU CUVE 900	M	101.6	BOOL	
91	NIVEAU TRES HAUT CUVE	M	101.4	BOOL	
92	NIVEAU BAC B	PEW	346	WORD	
93	POMPE EN MARCHÉ	M	10.3	BOOL	
94	POMPE EN MARCHÉ 1.8LITRE	M	11.0	BOOL	
95	POMPE EN MARCHÉ 4LITRES	M	10.5	BOOL	
96	POMPE EN MARCHÉ 9000HB	M	10.6	BOOL	
97	POMPE EN MARCHÉ SIPA	M	10.7	BOOL	
98	POMPE EN MARCHÉ2LITRES	M	10.4	BOOL	
99	PROG_ERR	OB	121	OB	121 Programming Error
100	SCALE	FC	105	FC	105 Scaling Values
101	SIPA	FC	5	FC	5
102	VITESSE VAR 1 LITRES	PAW	258	WORD	
103	VITESSE VAR 1.8LITRES	PAW	306	WORD	
104	VITESSE VAR 2LITRES	PAW	270	WORD	
105	VITESSE VAR 4LITRES	PAW	318	WORD	
106	VITESSE VAR 9000H	PAW	282	WORD	
107	VITESSE VAR SPA	PAW	294	WORD	
108					

III.7.4. Programmation des blocs en structurée

Notre choix pour la programmation système est de type structurée qui consiste à la subdivision d'un programme complexe en petites parties simples, correspondent aux fonctions (FC) du processus d'automatisation. Ces petites parties peuvent être utilisées quand on les charge dans le bloc organisation (OB) qui contient : un bloc d'organisation OB1 ou le programme principal s'exécute en huit blocs de fonction :

FC1 : fonction ligne 1litre

FC 4 : fonction ligne 9000BH

FC2 : fonction 2 ligne 1litre

FC5 : fonction ligne SIPA

FC3 : fonction ligne 4 litre boxée

FC6 : fonction ligne 1,8 litre

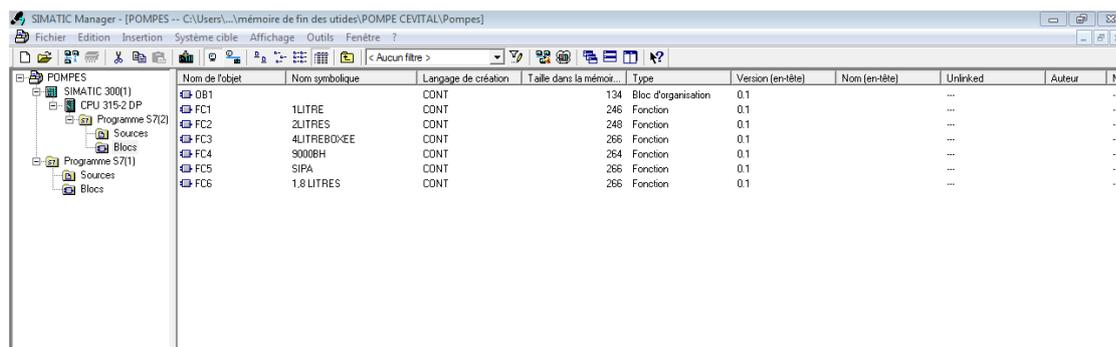
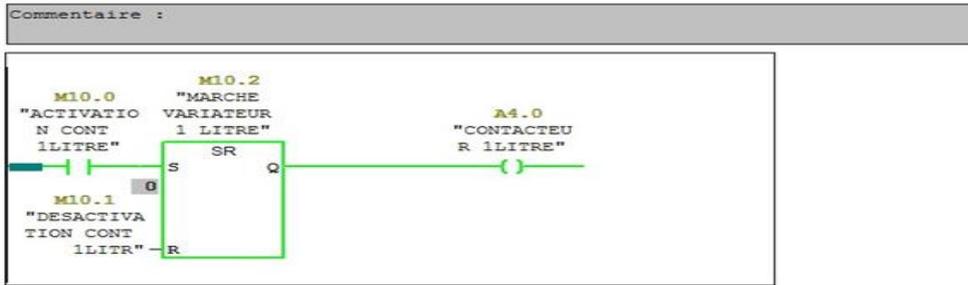


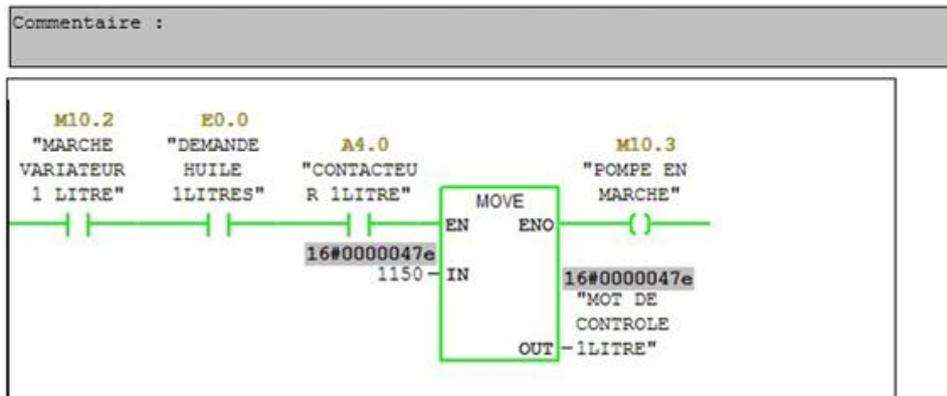
Figure III. 7 : Création des fonctions des lignes

Le langage contact (CONT) est parmi les langages de programmation les plus utilisés dans les projets industriels. Nous avons organisé notre programme par des réseaux de la façon suivante :

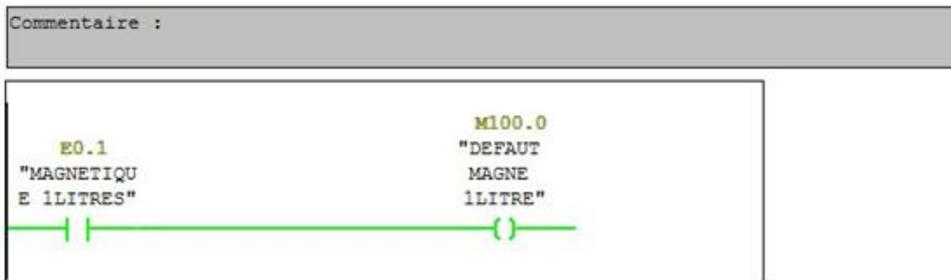
Réseau 1 : Activation et désactivation de variateur 1 litres



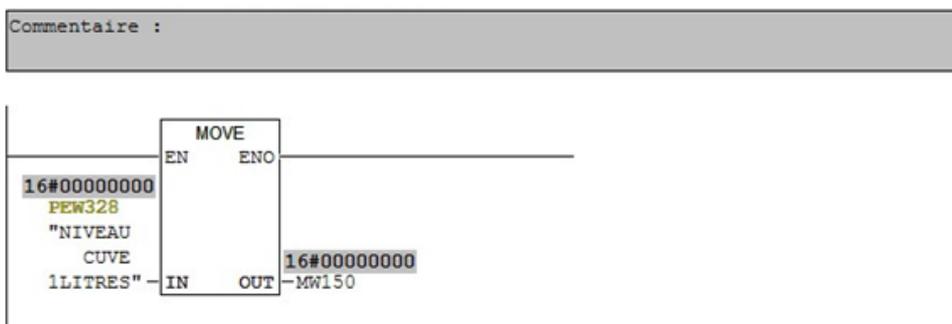
Réseau 2 : Demande d'huile et activation pompe 1 litre



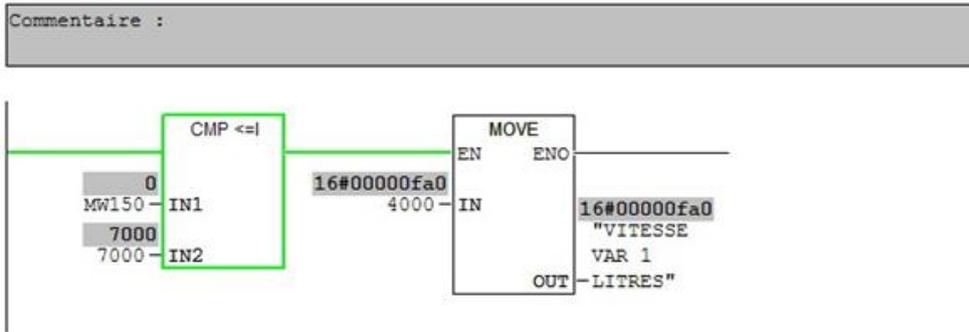
Réseau 3 : Détection de défaut magnétique



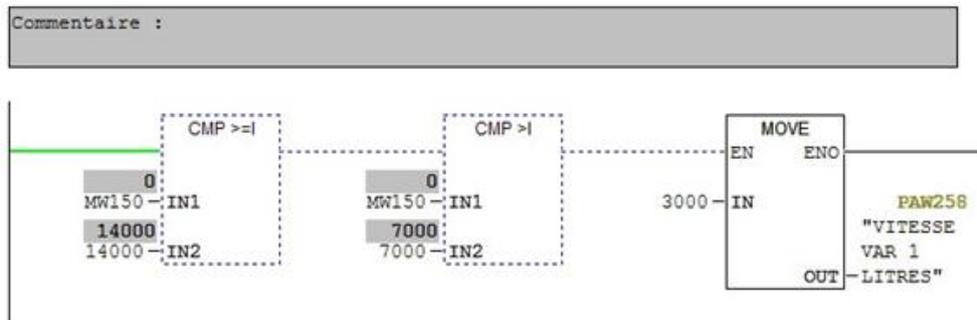
Réseau 4 : Niveau de la cuve 1 litres



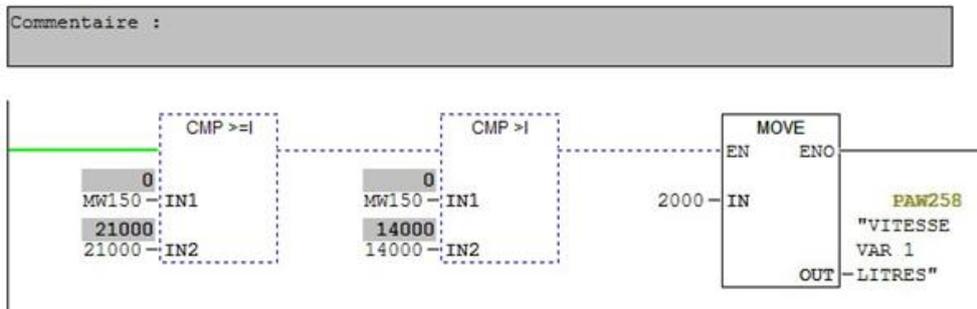
Réseau 5 : Niveau bas de la cuve 1 litre



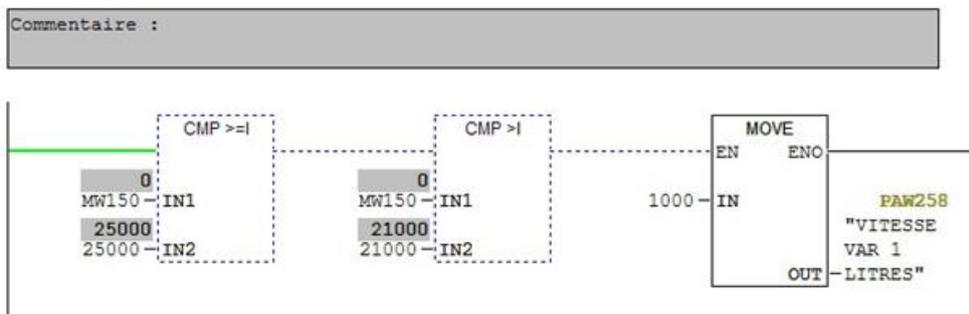
Réseau 6 : Niveau moyen de la cuve 1 litres



Réseau 7 : Niveau supérieur au niveau moyen de la cuve 1 litres

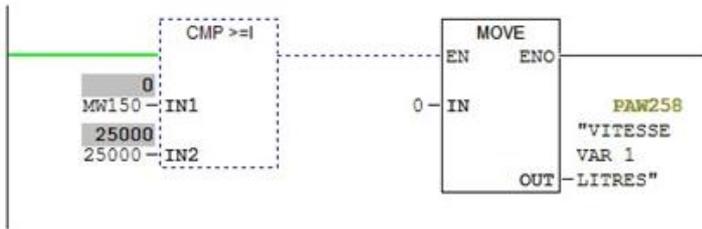


Réseau 8 : Niveau haut de la cuve 1 litre



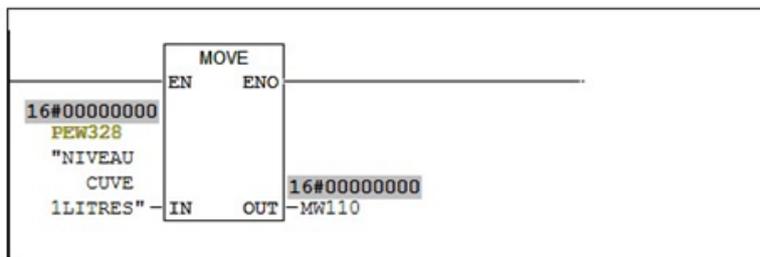
Réseau 9 : Cuve 1 litre remplie

Commentaire :



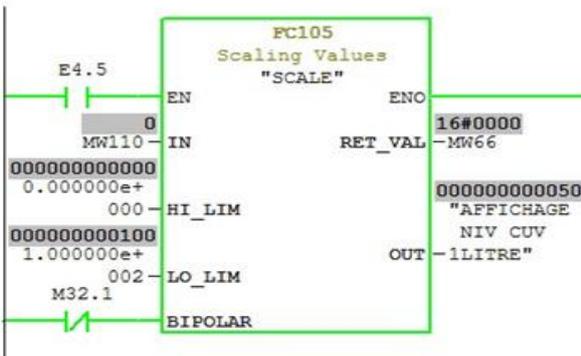
Réseau 10 : Niveau de la cuve 1 litre en cas de défaut

Commentaire :



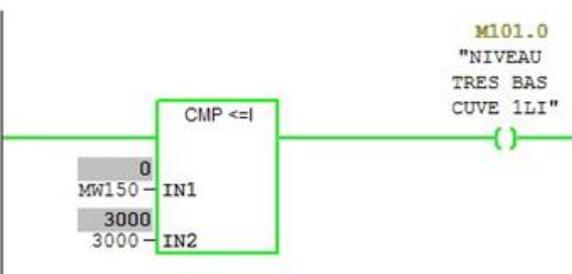
Réseau 11 : détection défaut de niveau de la cuve 1 litre

Commentaire :

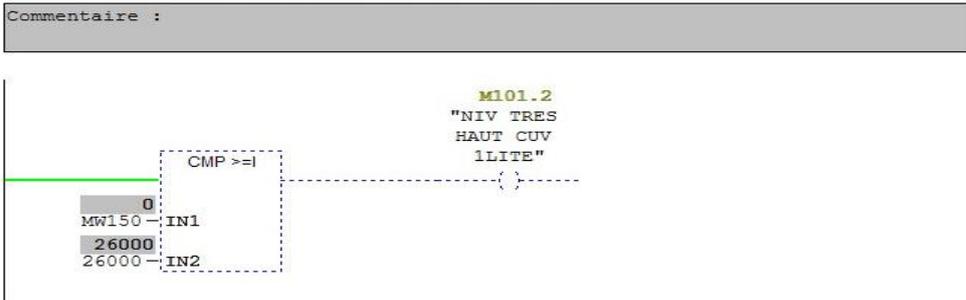


Réseau 12 : Niveau très bas de la cuve 1 litres

Commentaire :

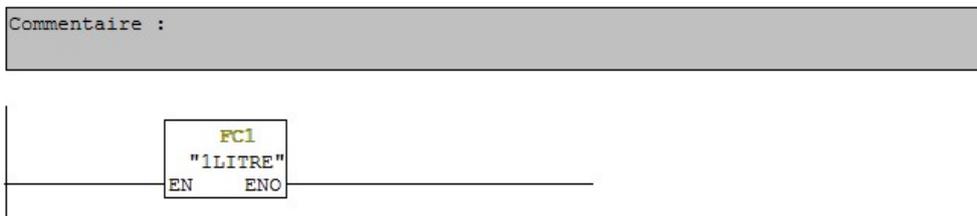


Réseau 13 : Niveau très haut de la cuve 1 litres

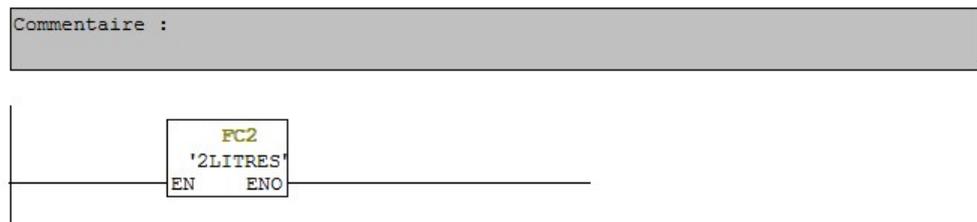


Les réseaux suivants sont les blocs des fonctions de toutes les lignes et des fonctions des défauts

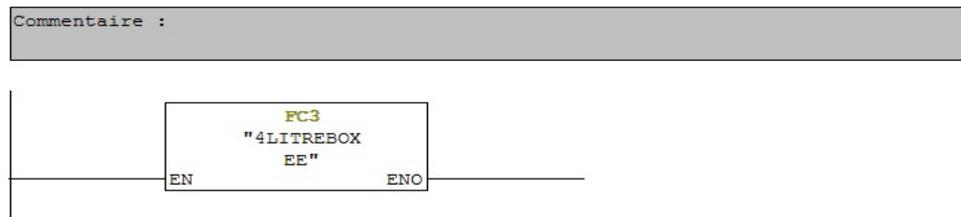
Bloc 1 : Fonction 1 litre



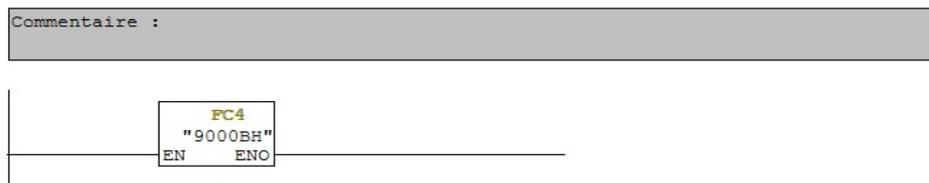
Bloc 2 : Fonction 2 litres



Bloc 3 : Fonction 4 litres boxée

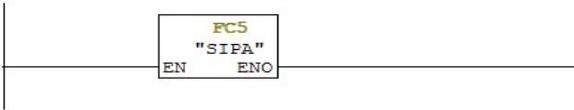


Bloc 4 : Fonction 9000 BH



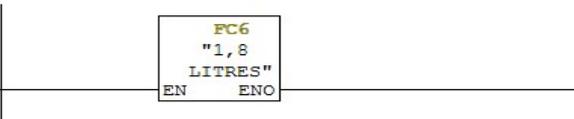
Bloc 5 : Fonction ligne SIPA

Commentaire :



Bloc 6 : Fonction ligne 1,8 litres

Commentaire :



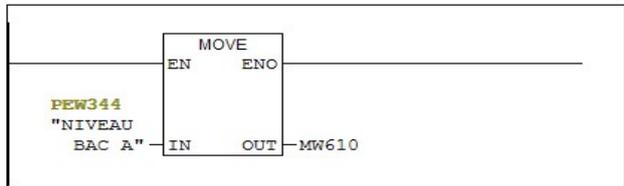
Bloc 7 : Arrêt d'urgence

Commentaire :



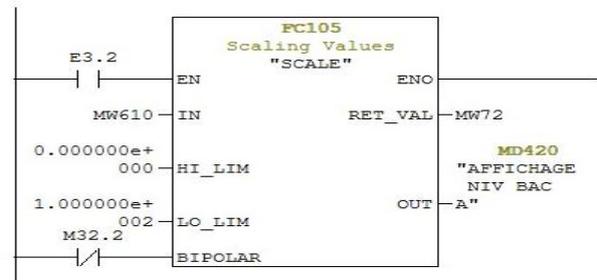
Réseau 14 : Niveau de Bac A

Commentaire :



Réseau 15 : Niveau de Bac A

Commentaire :



III.8. Schémas de puissance du nouveau système

La figure III.9 illustre le schéma de puissance du nouveau système.

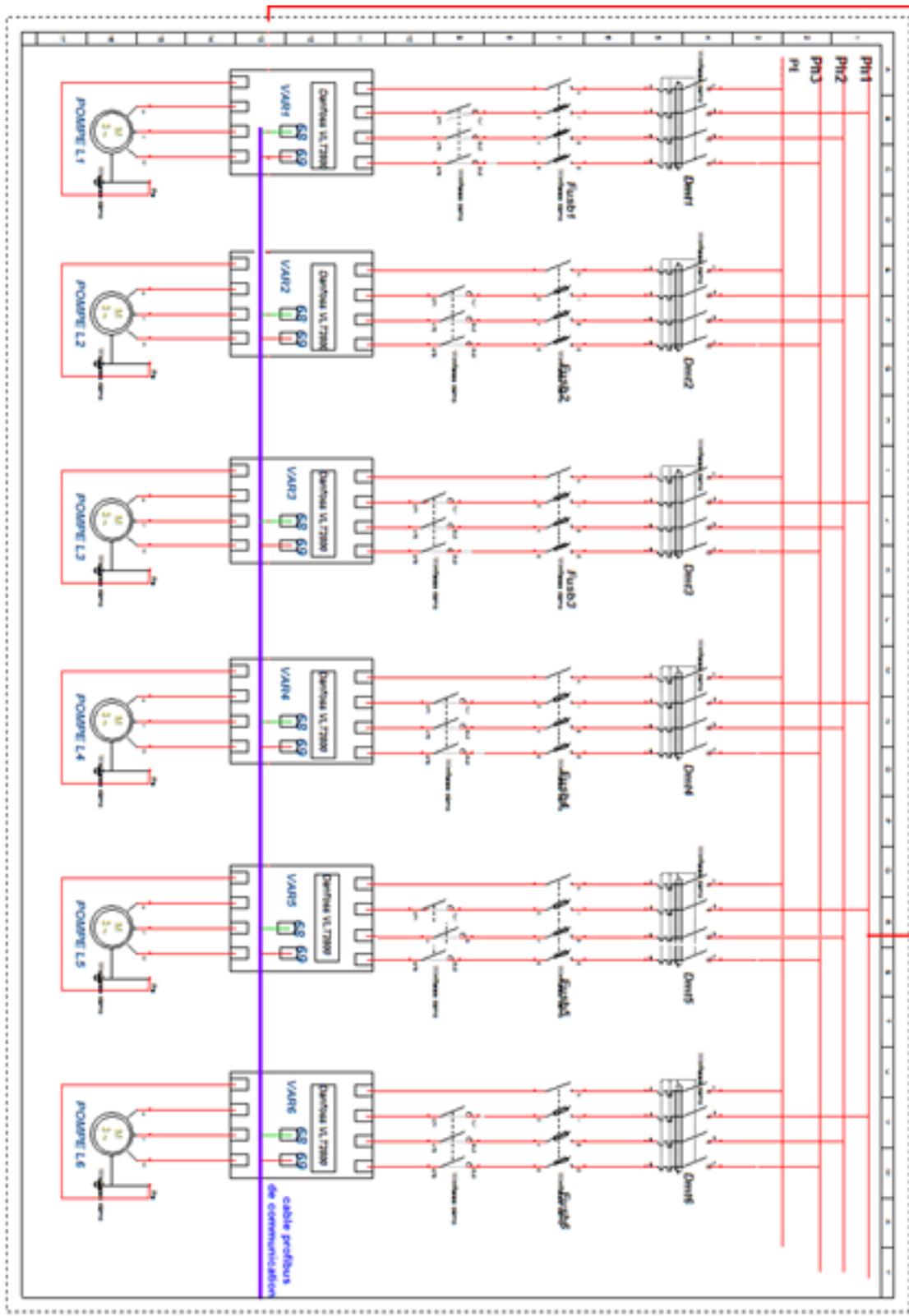


Figure III.9 : Schéma de puissance du nouveau system

III.9. Schéma de commande du nouveau système

La figure III.10 montre le schéma de commande du nouveau système.

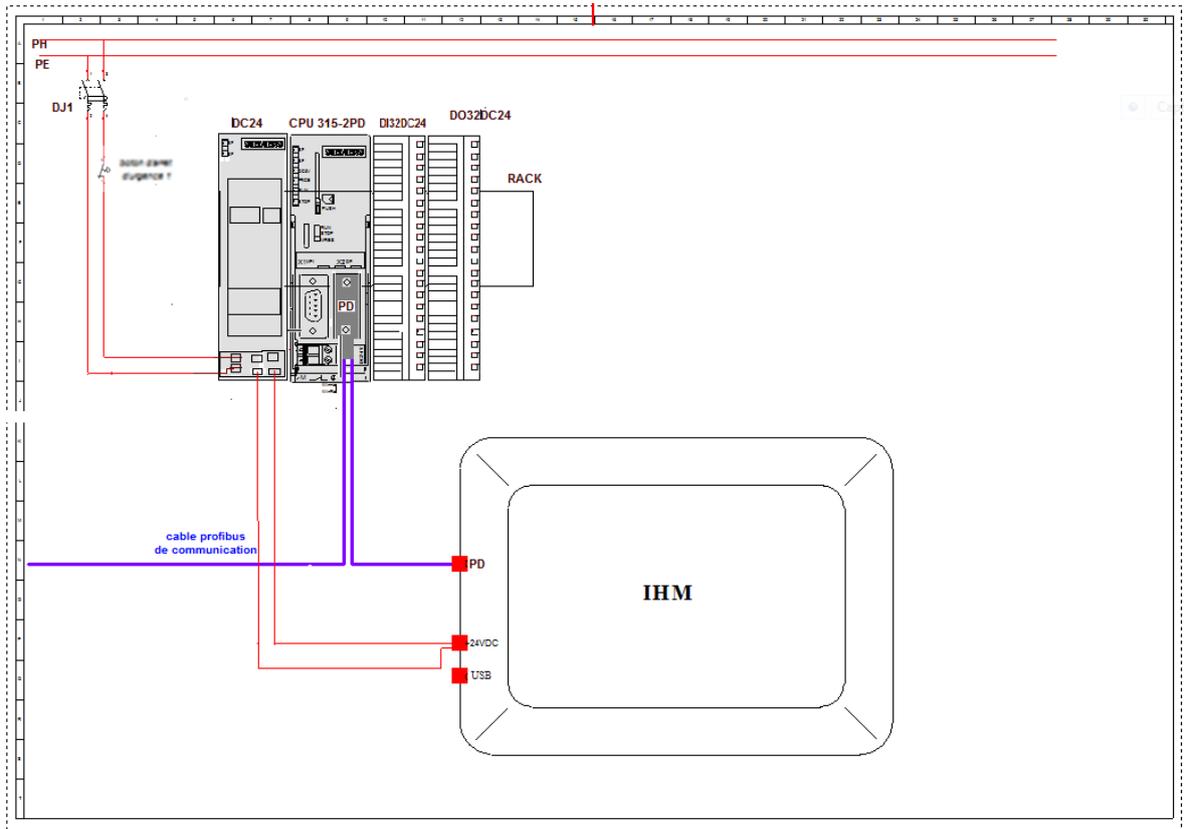


Figure III.10 : Schémas de commande du nouveau système

III.10. Conclusion

Dans ce chapitre on a défini l'automatisation et l'intérêt de son utilisation dans l'industrie. Nous avons présenté aussi le Grafcet de fonctionnement du système de la station de pompage d'huile. Enfin, nous avons traduit ce Grafcet sous forme d'un programme avec le logiciel STEP7.

IV.1. Introduction

Dans cette partie du travail, nous allons réaliser la supervision de la station de pompage au moyen de l'interface homme-machine IHM avec le logiciel Win CC flexible. Ce dernier nous permet d'établir une liaison avec le programme réalisé avec SETP 7 pour commander et avoir des informations avec une bonne transparence du système.

IV.2. Généralités sur la supervision

La supervision est une forme de dialogue entre l'opérateur et la machine. Elle consiste à surveiller l'état de fonctionnement d'un procédé dont les possibilités vont bien au-delà de celles de fonctions de conduite et de surveillance réalisées. Les fonctions de la supervision sont nombreuses, on peut citer quelques-unes :

- assure la communication entre les équipements d'automatismes et les outils informatiques d'ordonnancement et de gestion de production ;
- coordonne le fonctionnement d'un ensemble de machines enchaînées constituant une ligne de production, en assurant l'exécution d'ordres communs (marche, arrêt,...) et de tâches telles que la synchronisation ;
- assiste l'opérateur dans les opérations de diagnostic et de maintenance [11].

IV.3. Réalisation de la supervision de l'installation

IV.3.1. Étapes de mise en œuvre

Pour créer une interface homme-machine, il faut avoir pris connaissance des éléments du processus, ainsi que le logiciel de programmation de l'automate utilisé. Nous avons opté pour créer l'interface de la supervision à l'aide du logiciel WinCC Flexible qui est le mieux adapté pour le matériel des gammes SIEMENS.

IV.3.2. Logiciel Win CC Flexible

WinCC Flexible (Windows Control Center) est un logiciel compatible avec l'environnement STEP7, et propose la configuration de divers pupitres opérateurs.

Créer l'interface graphique et les variables, c'est pouvoir lire les valeurs du processus via l'automate, les afficher pour que l'opérateur puisse les interpréter et éventuellement ajuster le processus toujours via l'automate.

IV.3.3. Etablissement d'une liaison directe

La première chose à effectuer est de créer une liaison directe entre WinCC et notre automate, ceci dans le but que WinCC puisse lire les données qui se trouvent dans la mémoire

de l'automate. Après avoir créé notre projet WinCC, nous cliquons sur l'onglet liaison afin de créer une nouvelle liaison que nous nommerons "liaisons", ce qui nous indique ensuite les différents paramètres qui sont :

b. Création de la table des variables

Maintenant que la liaison entre notre projet WinCC et notre automate est établie, il est possible d'accéder à toutes les zones mémoire de l'automate :

- Mémoire entrées/Sortie,
- Mémento,
- Bloc de donnée,

Les variables permettent de communiquer, c'est à dire d'échanger des données entre les composants d'un processus automatisé et entre un pupitre opérateur et un automate, Une variable est l'image d'une cellule mémoire définie de l'automate, l'accès en lecture et en écriture à cette mémoire est possible aussi bien à partir du pupitre opérateur que de l'automate,

Afin de faire la correspondance entre les données du STEP7 et les données du projet WinCC, il est possible de faire une table de correspondance des données via l'onglet variable, chaque ligne correspond à une variable de WinCC, elle est spécifiée par :

- Son nom
- la liaison vers l'automate
- Son type
- Le taux de rafraichissent de celles ci

Le taux de rafraichissement est le temps que met WinCC entre deux lectures dans la mémoire de l'automate.

c. Création des vues

Dans WinCC Flexible, on crée des vues pour le contrôle et la commande des machines et des installations. Lors de la création des vues, on dispose d'objets prédéfinis permettant d'afficher des procédures et de définir des valeurs du procédé

c. Planifier la création des vues

Les principales étapes ci-dessous sont nécessaires à la création des vues :

- planifier la structure de la représentation du processus, combien de vues sont nécessaires ? dans quelle hiérarchie ?
- planifier la navigation entre les diverses vues,
- Adapter le modèle,
- Créer les vues.

d. Constitution d'une vue

Une vue peut être composée d'éléments statiques et d'éléments dynamiques :

- les éléments statiques tels que du texte,
- les éléments dynamiques varient en fonction de la procédure, ils visualisent les valeurs du processus actuels à partir de la mémoire de l'automate ou du pupitre. Les objets sont des éléments graphiques qui permettent de configurer la présentation des vues de processus du projet. La fenêtre des outils contient de différents types d'objets fréquemment utilisés dans les vues de processus

Dans notre système, nous disposons des vues suivantes :

- Vue principale,
- Vue alarmes,
- Vue de commande de la ligne 1 litre,
- Vue de niveaux des bacs de stockage.

✚ La vue principale

La vue principale donne des informations sur l'état général de la station comme les six pompes et les variateurs et qui donne un accès à toutes les lignes et affiche les alarmes et les niveaux des bacs. La vue principale de notre station de pompage est représentée sur la figure IV.1.

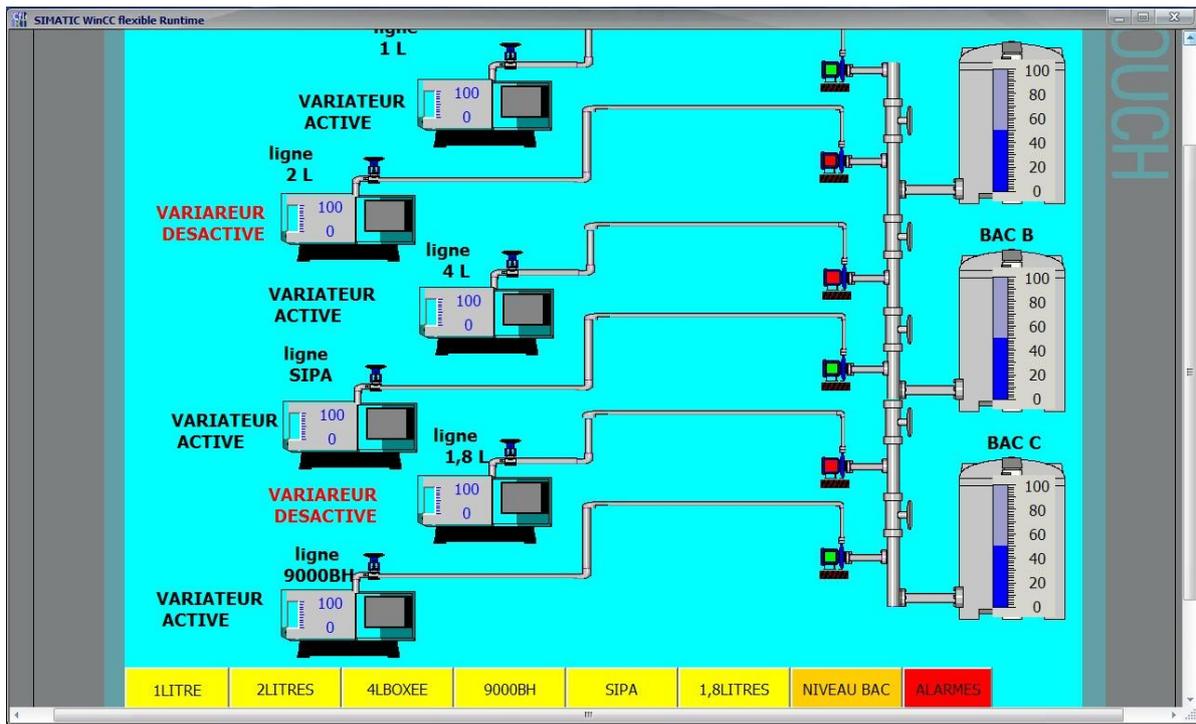


Figure IV. 1: Vue principale de la station de pompage

✚ La vue de la ligne 1 litre

Dans la vue de la ligne 1 litre (Figure IV.2), on peut comme activer ou désactiver le variateur, mettre la pompe en marche ou à l'arrêt et voir le niveau d'huile dans la cuve de la remplisseuse.

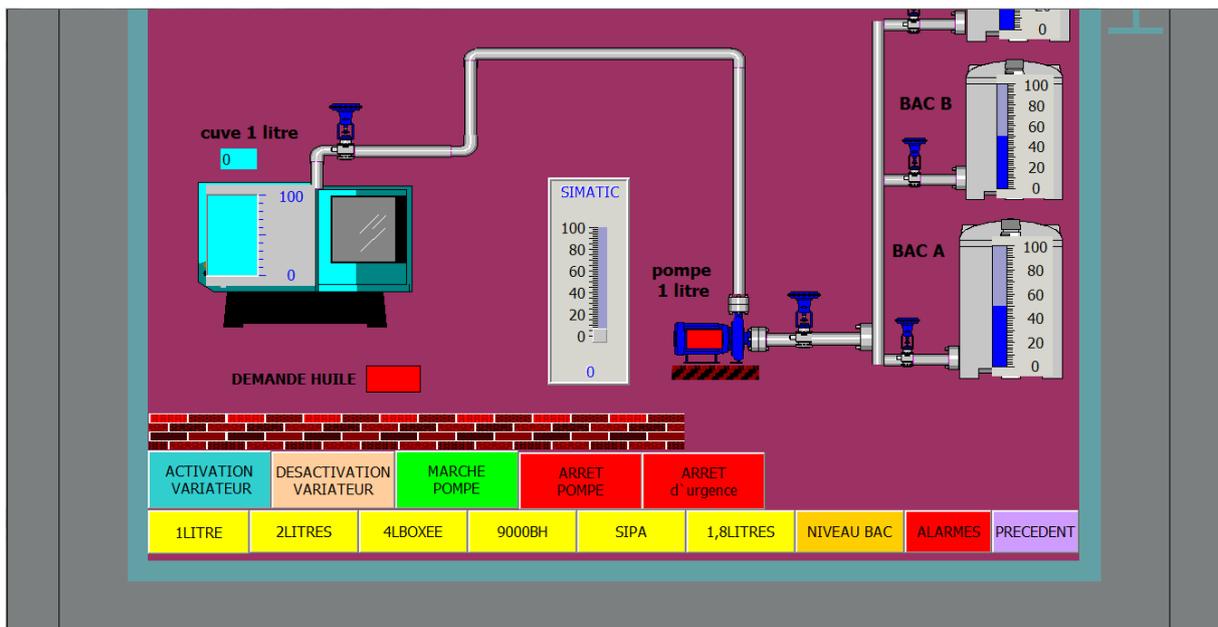


Figure IV. 2 : Vue de la ligne 1litre

☒ Vue de niveaux des bacs de stockage

Cette vue nous donne des informations sur les niveaux des bacs de stockage d'huile qui alimentent les remplisseuses (voir figure IV.3).

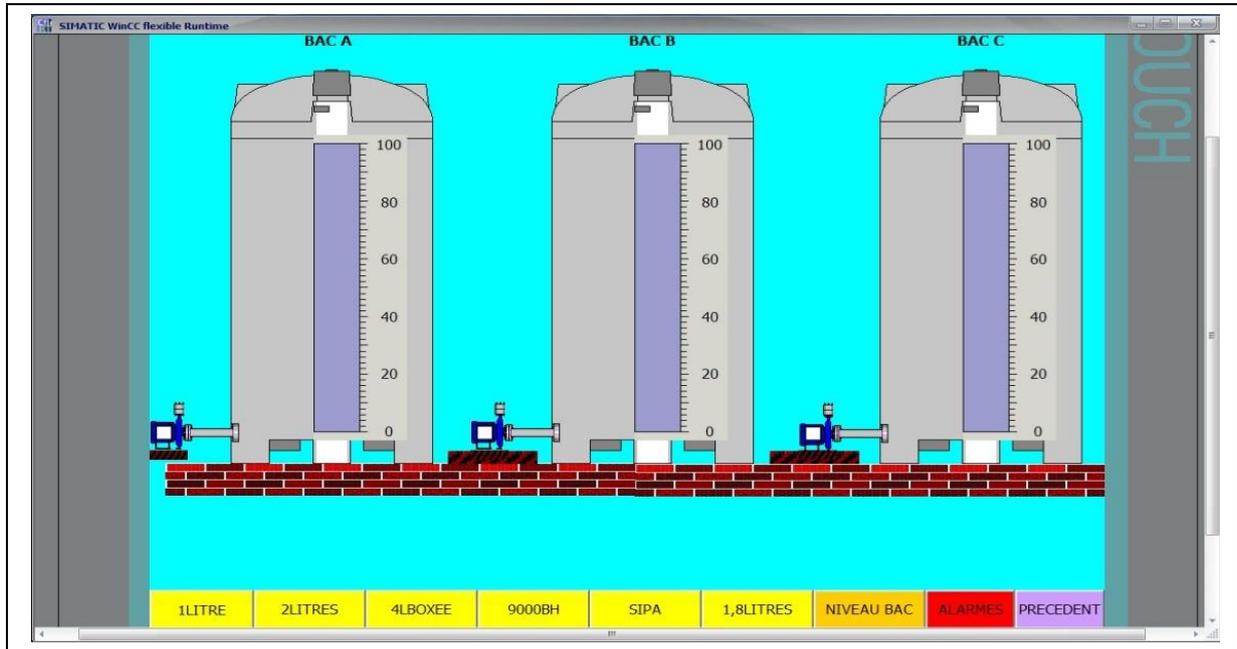


Figure IV. 3 : Vue des bacs de stockage

☒ Vue des alarmes

La vue des alarmes (Figure IV.4) permet d'afficher tous les défauts qui existent dans la station de pompage tels que : les défauts magnétiques, les défauts de niveau des cuves et les défauts des pompes.



Figure IV. 4 : Vue des alarmes

IV.4. Conclusion

Dans cette partie de travail, nous avons élaboré un programme de supervision sous WinCC flexible en liaison directe avec le programme STEP7. L'IHM réalisée nous a permis de contrôler, commander et avoir une bonne connaissance de fonctionnement des six lignes de production d'huile grâce à la connexion entre tous les éléments.

Conclusion générale

Les nouvelles technologies d'automatisations et de communication ont donné à l'industrie un nouvel essor, permettant ainsi de rendre des concepts complexes entièrement autonomes et faciles à réaliser et à comprendre.

Au cours de ce travail que nous avons réalisé à partir de l'étude du cahier des charges l'automatisation de la station de pompage de l'unité de conditionnement d'huile (Cevital) par un réseau PROFIBUS-DP. Nous avons aussi décrit tout l'appareillage qui constitue notre système comme la présentation de la CPU 315 -2 DP avec les modules d'entrées et de sorties, la liaison PROFIBUS et le variateur VLT 2800.

La programmation est réalisée avec le logiciel SETP7 en mode contact. Les schémas électriques sont réalisés avec le logiciel WIN Relais. Pour rendre notre station commandable, contrôlable et accessible en information et modification des paramètres du procédé, nous avons réalisé une IHM pour superviser tout le système avec le logiciel WinCC Flexible.

Nous espérons enfin que ce modeste travail sera une meilleure solution à la problématique posée et servira comme base de départ pour notre vie professionnelle, et être bénéfique aux promotions futures.

Références Bibliographique

- [1] [https // www cevital .com / group cevital .](https://www.cevital.com/group/cevital)
- [2] communication parallèle .[https://fracademic.com/dic .](https://fracademic.com/dic)
- [3] communication série <http://www.eduscol.education.fr>
- [4] présentation de module S7 315-2DP PDF S7 300 CPU [https //supotr .industry .SIEMENS.com](https://supotr.industry.siemens.com)
- [5] solution des reseaux pour le profibus conforme a CEI61158 ET 50170 [www .siemens.com / simatique .net](http://www.siemens.com/simatique.net)
- [6] guide rapide VLT 2800 //[www. Danfoss .com/driver](http://www.Danfoss.com/driver)
- [7] remplisseuse relative ‘[www .sidel.com. //dowload](http://www.sidel.com/download)
- [8] capteur de niveau [https //fr.wikipedia .org/wiki/ capteur.](https://fr.wikipedia.org/wiki/capteur)
- [9] introduction sur les automate [https :://perso.numericable .fr](https://perso.numericable.fr)
- [10] logiciel step7 de programme [htts:// automation 24.fr.](https://automation24.fr)
- [11] introduction sur la supervision [www. logis .univ lille 1 bon supervision](http://www.logis.univ-lille1.fr/bon-supervision)