



Remerciements

Avant tout, nous tenons à remercier Dieu le tout puissant pour nous avoir donné la force et la patience pour mener à terme ce travail.

Nous remercions nos familles respectives qui nous ont toujours encouragées et soutenues durant toutes nos études.

Nos plus grands remerciements vont à notre promoteur Mr B.YAHYAOUI pour ses précieux conseils, efforts et orientations sur le bon chemin tout au long de ce travail.

Nous tenons à remercier l'ensemble du personnel de l'unité de la raffinerie d'huile de l'entreprise CEVITAL, en particulier notre encadreur Mr MAHMOUDI NADIR pour tout son aide tout au long de notre stage. Nos vifs remerciements vont également aux membres de jury qui nous feront l'honneur de juger ce travail.

Nous tenons à remercier également l'ensemble des enseignants de département GENIE ELECTRIQUE pour leurs rôles importants dans notre formation.

Nous remercions tous nos amis (es) qui nous ont beaucoup aidés à la réussite de ce travail et notre promotion d'AUTOMATISME INDUSTRIEL.

Notre sincère gratitude va vers tous ce qui a participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

J'ai l'honneur de dédier ce travail à :

A la personne devant laquelle tous les mots de l'univers sont incapables d'exprimer mon amour et mon affection pour elle, à l'être qui m'est le plus cher, à ma douce mère RACHIDA et que dieu te garde pour moi.

A mon cher père MOUHAMED qui m'a apporté le courage et la volonté et qui m'a prêté toute son attention pour me guider sur le bon chemin, je te remercie papa d'avoir fait de moi un homme.

A mes adorables sœurs « HALA, AHLEM » qui étaient toujours là pour moi.

A mon cher « NABIL », sa femme « KAHINA » et ma charmante nièce LILOUCHE que j'adore.

A ma sœur « HANAN », son mari « SOFIEN », notre héros BADIDOU et notre merveilleuse princesse WAWA.

A ma sœur « FATIHA », son mari « SGHIER » et leurs élégante princesse ALISSE

Et je profite de cette occasion pour les féliciter d'avance à l'arrivée de petit ange.

Une spéciale dédicace à « FATMA » qui compte énormément pour moi, un remerciement pour son soutien et son amour.

A tous mes amis de la chambre J501 en exception « RIAD, SAID, LYES et BELKACEM », à mon cher ami « KHIRDINE ».

A mon cher ami et binôme « SALEM » pour tous les moments qu'on a passé ensemble.

KAMEL

Dédicaces

J'ai l'honneur de dédier ce travail à :

A la personne devant laquelle tous les mots de l'univers sont incapables d'exprimer mon amour et mon affection pour elle, à l'être qui m'est le plus cher, à ma douce mère et que dieu te garde pour moi.

A mon cher père qui m'a apporté le courage et la volonté et qui m'a prêté toute son attention pour me guider sur le bon chemin, je te remercie papa d'avoir fait de moi un homme.

A mon cher frère « JEGO »

A ma sœur « FAHIMA », son mari « NASSIM » et leurs adorable fille NINA et le petit ange MAYES.

A ma sœur « SALIMA », son mari « JUGO » et ma nouvelle nièce TINA.

A tous mes amis de la chambre I207 (MOUHAMED, BITTA, SALAH et JEGURTA), sans oublier les membres de la chambre J501.

A mon cher ami et binôme « KAMEL » pour tous les moments qu'on a passé ensemble.

SALEM

Sommaire

Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Sommaire	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste d'annexes	
Liste des abréviations	
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Description et étude du processus de raffinage d'huile

I.1 Introduction.....	2
I.2 Définition de raffinage.....	2
I.3 Raffinage d'huile au niveau de CEVITAL	2
I.3.1 Présentation de la raffinerie.....	2
I.3.2 Les différentes étapes de raffinage.....	2
I.3.3 Section de traitement des déchets de neutralisation (section24).....	3
I.4 Le vide	4
I.4.1 Définition.....	4
I.4.2 Méthodes de création du vide.....	4
I.4.2.1 Groupe de vide à jet de vapeur multi-étages.....	4
I.4.2.2 Pompe à vide.....	5
I.5 Description du système étudié.....	5
I.5.1 Le déroulement de La première boucle.....	5
I.5.2 Le déroulement de la deuxième boucle.....	5
I.6 Description des équipements utilisés dans notre système.....	8
I.6.1 Les éléments utilisés dans les circuits des eaux barométriques.....	8
I.6.2 Instrumentation de mesure des paramètres de control	12
I.7 conclusion.....	17

Chapitre II : Généralités sur la régulation

II.1 Introduction.....	18
II.2 Régulation et asservissement.....	18

II.3 Principe d'une chaîne de régulation.....	18
II.4 Boucle ouverte et boucle fermée.....	19
II.4.1 Boucle ouverte.....	19
II.4.2 boucle fermée.....	20
II.5 Objectifs de la régulation.....	20
II.6 Critères de performance d'une régulation.....	20
II.6.1 Précision.....	20
II.6.2 Rapidité.....	21
II.6.3 Stabilité.....	21
II.7 Les actions PID.....	22
II.7.1 Choix du sens d'action du régulateur PID.....	22
II.7.2 Rôle des actions dans la boucle fermée.....	22
II.8 Constituants du régulateur PID.....	23
II.8.1 Correcteur Proportionnel P.....	23
II.8.2 Correcteur Proportionnel – Intégrateur P.I.....	23
II.8.3 Correcteur Proportionnel – dérivé P.D.....	24
II.8.4 Correcteur Proportionnel Intégrateur Dérivateur PID.....	24
II.9 Structure des régulateurs électroniques.....	25
II.10 Méthodes de calcul des paramètres d'un régulateur PID.....	26
II.11 Conclusion.....	30

Chapitre III: Automate programmable industriel

III.1 Introduction.....	31
III.2 Système automatisé de production (SPA).....	31
III.2.1 Fonction Globale d'un Système.....	31
III.2.2 Définition de l'automatisation.....	31
III.2.3 Les avantages et les inconvénients d'un système automatisé.....	32
III.2.3.1 Les avantages.....	32
III.2.3.2 Les inconvénients.....	32
III.2.4 Structure d'un système automatisé.....	33
III.2.5 Description des différentes parties.....	34
III.2.5.1 la Partie opérative (PO).....	34
III.2.5.2 La partie commande (PC).....	34
III.2.5.3 La partie relation PR (partie dialogue).....	34

III.2.6 Objectifs de l'automatisation.....	34
III.2.7 Sécurité et surveillance d'un système automatisé.....	34
III.2.8 Nature des informations traitées par l'automate.....	35
III.3 Les automates programmables industrielles (API)	35
III.3.1 Définition d'un API.....	35
III.3.2 Fonction d'un API.....	35
III.3.3 Structure des API.....	36
III.3.4 Type de forme des automates programmables industriels (API).....	37
III.3.4.1 Type compact.....	37
III.3.4.2 Type modulaire.....	37
III.3.5 Domaine d'application.....	37
III.3.6 Critère de choix d'un automate.....	38
III.3.7 Langages de programmation pour API.....	38
III.4 Langage GRACET.....	38
III.4.1 Les éléments de base d'un GRAFCET.....	38
III.4.2 Les différents types de GRAFCET.....	39
III.4.3 Règles du GRAFCET.....	39
III.4.4 Structure de base d'un GRAFCET.....	39
III.4.4.1 Divergence et convergence en ET.....	39
III.4.4.2 Divergence et convergence en OU.....	40
III.4.4.3 Reprise et saut d'étape.....	40
III.4.5 Les cahier des charges du GRAFCET.....	41
III.4.6 Tables de la nomenclature du GRAFCET.....	43
III.5 Automate SIMATIC S7300.....	50
III.5.1 Présentation de la gamme SIMATIC de SIEMENS.....	50
III.5.2 Définition de l'automate S7-300 de Siemens.....	50
III.5.3Présentation des modules de l'automate S7-300.....	50
III.6 Conclusion.....	52
Chapitre IV : Programmation et supervision du système étudié	
IV.1 Introduction.....	53
IV.2 Démarrage de STEP7.....	53
IV.2.1 Création d'un nouveau projet dans STEP7.....	53
IV.2.2 Configuration matérielle.....	54

IV.2.3	Les langages de programmation dans le STEP7.....	55
IV.2.4	Définition d'une mnémonique	56
IV.2.5	Création de la table des mnémoniques.....	56
IV.2.6	Création d'un bloc d'organisation (OB)	57
IV.2.7	Création d'un bloc de données (DB)	59
IV.2.8	Création d'une fonction FC	60
IV.3	Simulation du programme avec le logiciel optionnel S7PLCSIM.....	60
IV.3.1	Caractéristiques de S7-PLCSIM	61
IV.3.2	Paramétrer l'interface PG/PC	61
IV.3.3	Chargement du programme.....	62
IV.3.4	Configuration du simulateur	63
IV.3.5	Exécution du programme	64
IV.3.6	Indicateurs d'une CPU simulée	64
IV.3.7	Simulation du programme.....	65
IV.4	Types de traitement du programme par la CPU.....	66
IV.4.1	Programmation linéaire.....	66
IV.4.2	Programmation structuré.....	66
IV.5	La supervision.....	68
IV.5.1	Présentation du logiciel WINCC flexible	68
IV.5.2	Intégration du WINCC flexible dans STEP7	69
IV.5.3	Configuration de la liaison entre la station S7-300 et la station SIMATIC HMI.....	69
IV.5.4	Création d'une vue.....	69
IV.5.5	Vues du système de création de vide	69
IV.6	Conclusion.....	72
	Conclusion générale.....	73

Bibliographie

Annexes

Table des figures

Chapitre I : Description et étude du processus de raffinage d'huile

Figure I. 1 : Les différentes étapes de raffinage	3
Figure I. 2 : Groupe de vide à jet de vapeur multi-étages	4
Figure I. 3 :Création de vide par effet ventru	5
Figure I. 4 :Une pompe à vide	5
Figure I. 5 :Le déroulement de la première boucle du système	6
Figure I. 6 : Le déroulement de la deuxième boucle du système.....	7
Figure I. 7 :Une pompe centrifuge	8
Figure I. 8 :Une pompe doseuse	9
Figure I. 9 :Le Chiller	9
Figure I. 10 :Un échangeur à plaques	10
Figure I. 11 :Le grand et le petit éjecteur	10
Figure I. 12 :Tour de refroidissement	11
Figure I. 13 : Un condenseur.....	11
Figure I. 14 :Une cuve et un bac en acier.....	12
Figure I. 15 :Une électrovanne.....	12
Figure I. 16 :Structure générale d'un capteur	13
Figure I. 17 :Un transmetteur de niveau	13
Figure I. 18 :Une sonde de température.....	14
Figure I. 19 : Capteur de pression.....	14
Figure I. 20 : Détecteur de niveau à lames vibrantes liquiphant (T FTL260).....	15
Figure I. 21 : PH-mètre	15
Figure I. 22 :Variateur ATV32	16

Chapitre II : Généralités sur la régulation

Figure II. 1 : Schéma du principe d'une chaîne de régulation	18
Figure II. 2 : Système en boucle ouverte	19
Figure II. 3 :Système en boucle fermée	20
Figure II. 4 :La différence entre un système précis et non précis.....	21
Figure II. 5 :Système rapide et système lent.....	22
Figure II. 6 :La stabilité d'un système	22
Figure II. 7 :Rôle des actions de régulateur dans la boucle fermée	23
Figure II. 8 : Correcteur Proportionnel Intégrateur Dérivateur PID	25
Figure II. 9 : PID parallèle	25
Figure II. 10 :PID série	25
Figure II. 11 :PID mixte.....	26
Figure II. 12 :Schéma fonctionnel d'un FB41 « CONT-C »	28
Figure II. 13 : Boucle de régulation de niveau, structure PI	30

Chapitre III: Automate programmable industriel

Figure III. 1 : Fonction globale d'un système.....	31
Figure III. 2 :Structure d'un système automatisé de production.....	33
Figure III. 3 :Cycle d'un API	35
Figure III. 4 :Structure interne d'un API	36
Figure III. 5 : Automate programmable, type compact.....	37
Figure III. 6 :Automate programmable, type modulaire(SIEMENS).....	37
Figure III. 7 :Concepts de base d'un GRAFCET	39
Figure III. 8 : Divergence et convergence en ET.....	40
Figure III. 9 : Divergence et convergence en OU.....	40
Figure III. 10 :Reprise et saut d'étape dans le GRAFCET.....	41
Figure III. 11 : L'automate S7-300.....	50
Figure III. 12 : Les modules de l'automate S7-300.....	50

Chapitre IV : Programmation et supervision du système étudié

Figure IV. 1 : SIMATIC STEP7.....	53
Figure IV. 2 :Création d'un nouveau projet.....	54
Figure IV. 3 : Configuration matérielle	55
Figure IV. 4 : Choix du langage de programmation	55
Figure IV. 5 :Création de la table des mnémoniques.....	56
Figure IV. 6 :Présentation des blocs d'organisation	58
Figure IV. 7 : Création d'un bloc d'organisation.....	59
Figure IV. 8 : Création d'un bloc de données	59
Figure IV. 9 :Création d'une fonction.....	60
Figure IV. 10 : Interface de simulation PLCSIM	61
Figure IV. 11 : Paramétrer l'interface PG/PC	62
Figure IV. 12 : Fenêtre de chargement dans l'API	63
Figure IV. 13 : La configuration du S7-PLSIM.....	64
Figure IV. 14 :Sélectionner le mode de la CPU.....	64
Figure IV. 15 : Simulation du programme.....	65
Figure IV. 16 : Le programme linéaire et le programme structuré.....	66
Figure IV. 17 : Programmation structurée du système de création du vide.....	67
Figure IV. 18 : WinCC flexible 2008	68
Figure IV. 19 :La liaison entre la station S7-300 et la station SIMATIC HMI via réseau PROFIBUS.....	69
Figure IV. 20 : La vue d'accueil	70
Figure IV. 21 : Vue de la première boucle.....	71
Figure IV. 22 : Vue de la deuxième boucle	71
Figure IV. 23 : Vue des alarmes.	72

Liste des tableaux

Chapitre II : Généralités sur la régulation

Tableau II 1 : Ajustage de gain du régulateur P, PI et PID selon la méthode de Zigler-Nichols en boucle fermée.	27
Tableau II 2 : Ajustage de gain de régulateur P, PI et PID selon la méthode de Zigler-Nichols en boucle ouvert	27
Tableau II 3 : Les paramètres d'entrée utilisés dans le FB41	28
Tableau II 4 : Les paramètres de sorties utilisés dans le FB41	29

Chapitre III : Automate programmable industriel

Tableau III 1 : Les actions et les significations associées au GRAFCET du fonctionnement d'une pompe.....	43
Tableau III 2 : Les réceptivités et les significations associées au GRAFCET du fonctionnement d'une pompe.....	43
Tableau III 3 : Les actions et les significations associées au GRAFCET de fonctionnement d'une vanne.....	43
Tableau III 4 : Les réceptivités et les significations associées au GRAFCET de fonctionnement d'une vanne.....	44
Tableau III 5 : Les actions et les significations associées au GRAFCET de la première boucle.....	44
Tableau III 6 : Les réceptivités et les significations associées au GRAFCET de la première boucle.....	45
Tableau III 7 : Les actions et les significations associées au GRAFCET de la deuxième boucle.....	46
Tableau III 8 : Les réceptivités et les significations associées au GRAFCET de la deuxième boucle.....	47

Chapitre III : Programmation et supervision du système étudié

Tableau IV 1 : Variables associées à une mnémonique.....	57
Tableau IV 2 : Type des blocs d'organisation utilisés.....	58

Annexe 1 : La plaque signalétique de la pompe doseuse et la pompe centrifuge.

Annexe 2 : Le GRAFCET associé à la première boucle.

Annexe 3 : Le GRAFCET associé à la deuxième boucle.

Annexe 4 : Le GRAFCET associé au fonctionnement général des pompes et des vannes.

Annexe 5 : Les schémas électriques de quelques instruments utilisés dans l'entreprise.

Annexe 6 : Le programme du système étudié.

Annexe 7 : Propriétés de la table des mnémoniques.

Les abréviations

CPU: Central Processing Unit

API: Automate Programmable Industriel

MAN: Manuel

AUTO: Automatique

HP: Haute Pression

SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition

OB: Organisation Bloc

FC: Function

FB: Function Bloc

E/S: Entrées / Sorties

DO: Digital Output

DI: Digital Input

AI: Analog Input

AO: Analog Output

DB: Data Bloc

PO: Partie Opérative

PC: Partie Commande

PR: Partie Relation

ISO: Organisation International de Normalisation

LD: Schéma à Relais

ST: Structured Text

IL: Instruction Liste

BF: Boucle Fermée

BO: Boucle ouverte

PLC SIM: Programmable Logic Controller

RAM: Random Access Memory

GRAFCET: Graphe Fonctionnel de Commande Etapes Transitions

LOG: Logigramme

CONT: Contact

IHM: Interface Homme Machine

PRPFIBUS: Process Filed Bus

DNT: Intermediaire

Les abréviations

NH: Niveau Haut

NB: Niveau Bas

TOR: Tout Ou Rien

PID: Proportionnel Intégral Dérivée

SPA: Système Programmable Automatisée

Kp: Coefficient de Gain Proportionnel

Ti: Temps d'intégration

Td: Temps de Dérivation

MPI: Multipoint Interface

DEL: Diode électroluminescente

AGL: Acides Gras Libre

CP: Clean in place

Introduction générale

Introduction générale

L'automatisme est devenu une technologie incontournable aujourd'hui de par son utilisation dans tous domaines de fabrication. Le monde industriel est en évolution constante c'est pour cela que l'automatisation s'impose pour faire face aux exigences croissantes issus de la compétitivité. L'automatisation permet d'améliorer la qualité des produits, de réduire au minimum leur cout et d'éliminer les sources de dangers pour pouvoir répondre aux exigences des clients.

L'automate programmable industriel (l'API) apporte une solution sur mesure pour les besoins d'adaptation et de flexibilité. Aujourd'hui c'est le constituant le plus répandu de l'installation automatisée.

L'objectif de notre projet de fin d'étude est d'automatiser la régulation de niveau d'eau du bac eau usé (garder le niveau d'eau à 70 % afin d'éviter le débordement), maintenir un PH basique (PH=8) au niveau de la sortie de la cuve des eaux barométriques en contrôlant l'injection de la soude à la demande.

Pour atteindre notre objectif nous avons utilisé l'automate S7-300 et son logiciel de programmation STEP7 fourni par la maison SIEMENS. Le STEP7 contient un simulateur S7-PLCSIM qui permet de visualiser et corriger le programme avant de l'implémenter sur l'API, tandis que pour la supervision nous avons utilisé le logiciel WinCC flexible.

Après une certaine durée de réflexion l'étude s'est bien achevée. Ce qui nous permet de rédiger ce mémoire dont :

Le premier chapitre est consacré à la description du processus de raffinage d'huile, aboutir à des solutions pour remédier à la problématique. Exposé le déroulement du nouveau système, ainsi que l'instrumentation nécessaire.

Le second chapitre sera réservé à des généralités sur la régulation d'une façon générale et le régulateur PID d'une manière détaillée.

Le troisième chapitre est dédié aux automates programmables industriels API, exposé un cahier des charge du système et la modélisation par GRAFCET des deux circuits de circulation des eaux barométrique, ainsi qu'à donner une définition et règles d'évolution d'un GRAFCET.

Enfin dans le dernier chapitre, nous allons entamés notre projet sur l'automatisation du processus, on commence d'abord par la programmation step7 puis la supervision avec logiciel WinCC flexible. En terminant notre travail par une conclusion générale.

CHAPITRE I

Description et étude du processus de raffinage d'huile

I.1 Introduction

Les huiles ont toujours constitué une grande partie de la consommation humaine, ce qui demande une production en quantité et en qualité. Ces dernières sont extraites à partir des huiles brutes qui nécessitent le passage par le traitement de raffinage.

Dans ce chapitre, nous allons introduire des généralités sur l'huile et les procédés de raffinage d'huile ainsi la description du système, comme on va présenter la problématique et déduire ses solutions.

I.2 Définition de raffinage

Le raffinage est l'ensemble des opérations qui permettent d'extraire l'huile comestible des huiles brutes en éliminant les impuretés. L'huile brute contient des composants indésirables, certains sont nocifs pour la santé telle que les acides gras libres, les agents odorants et des éléments gênants dans le processus tel que les phospholipides qui bouchent les filtres.

I.3 Raffinage d'huile au niveau de CEVITAL [1]

I.3.1 Présentation de la raffinerie

La raffinerie d'huile de CEVITAL est constituée de trois lignes de production :

- Deux lignes symétriques (A et B) de capacité de 400 tonnes/jour chacune, qui constitue 800 tonnes /jour et une ligne (C) de capacité 1000 tonnes /jour.

I.3.2 Les différentes étapes de raffinage

➤ Neutralisation

L'huile brute provenant des bateaux, arrive dans des bacs de stockage puis passe par un moteur à brosse afin d'éliminer les particules physiques, elle est ensuite soutirée à l'aide d'une pompe. Puis, elle passe dans un échangeur de chaleur pour la chauffer de 25°C à 90°C, ensuite dans un mélangeur (M1) en ajoutant un dosage de l'acide citrique afin d'éliminer les phospholipides. Afin d'accélérer la réaction chimique du mélange (huile brute et acide citrique), elle est transférée vers un réacteur (R1) qui permet une agitation pendant 20 minutes (réaction de démulcination), en second lieu on ajoute la soude caustique dans le mélangeur (M2) dans le but d'éliminer les acides gras libres (AGL).

L'huile neutralisée et démulcinée passe à travers des séparateurs qui permettent la séparation de l'huile des pâtes de neutralisation par centrifugation à 90°C. La phase lourde (pâte) passe vers les parois des séparateurs et la phase légère (l'huile) reste au centre.

➤ Lavage

Le critère important de l'efficacité de cette étape est la solubilité dans l'eau des pesticides, là encore seuls le dichlorvos et le malathion subissent une diminution significative lors de ce traitement.

➤ Décoloration

Dans un réacteur sous vide, on ajoute la terre décolorante à l'huile neutralisée en chauffant avec de la vapeur. Le mélange est maintenu sous agitation durant 30 minutes pour que la terre absorbe les pigments. L'étape suivante consiste à faire passer le mélange à travers des filtres (NIAGARA) qui vont piéger la terre contenant les pigments.

➤ Désodorisation

Cette opération consiste à injecter de la vapeur sèche dans l'huile décolorée maintenue sous vide à une température de 225°C à 240°C. L'huile sort de l'économiseur à une température de 110°C, puis passe vers un échangeur pour atteindre 125°C, enfin l'huile désodorisée est refroidie à 35°C (refroidisseur et économiseur).

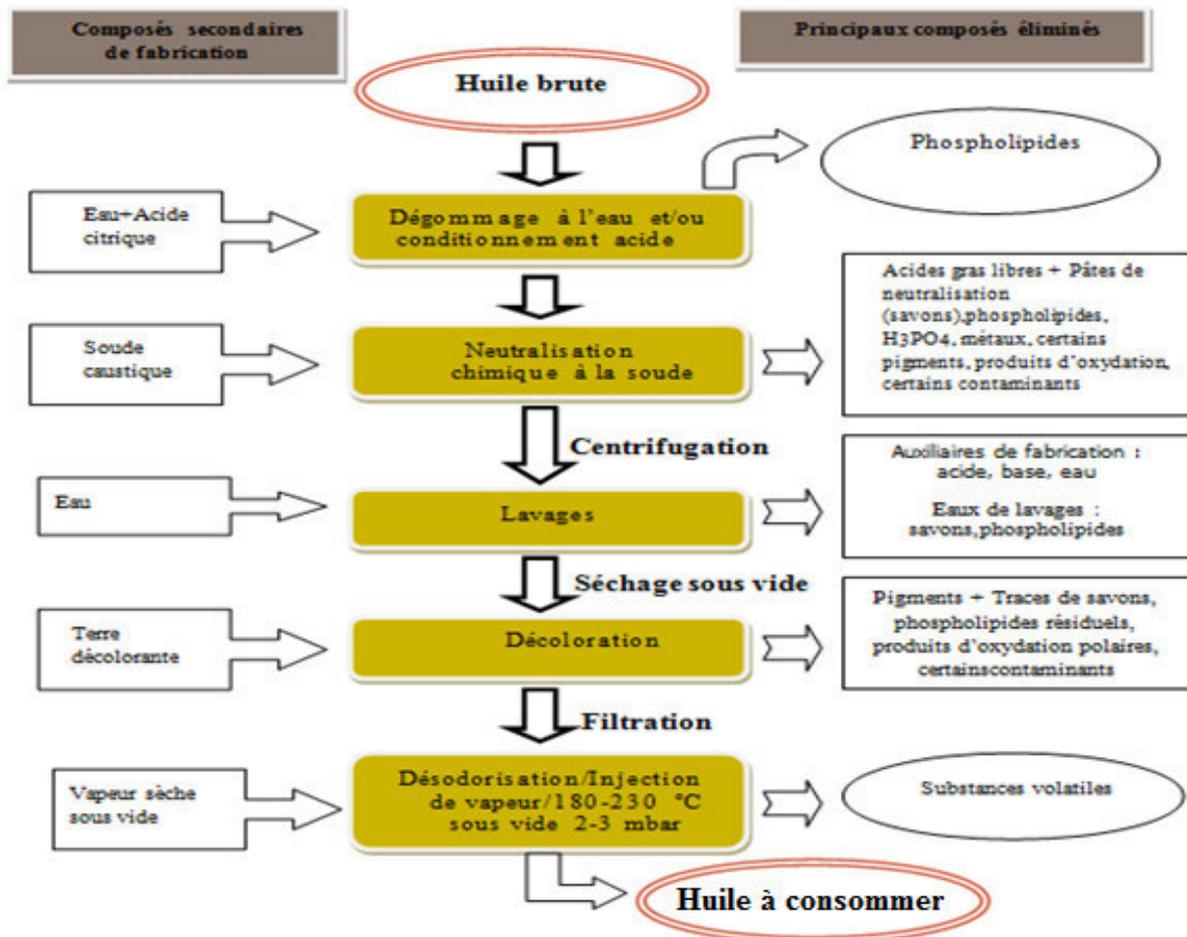


Figure I.1 : Les différentes étapes de raffinage.

I.3.3 Section de traitement des déchets de neutralisation (section 24)

La phase lourde obtenue lors de la centrifugation du raffinage d'huile est transférée vers la section 24, son traitement s'effectue selon deux étapes :

➤ Prétraitement

La phase lourde est chauffée à 90°C avec un dosage de la soude caustique dans un réacteur pour obtenir une phase homogène.

➤ Saponification

On réchauffe le mélange à 180°C avec un barbotage et un ajout d'acide sulfurique pour avoir un PH de 2,5 à 3, ensuite le mélange est transféré dans un réacteur, pour la décomposition pendant une heure [1].

I.4 Le vide

I.4.1 Définition

Le vide est un milieu dans lequel la pression est beaucoup plus faible que la pression atmosphérique. Les objectifs de la création du vide dans la raffinerie d'huile sont les suivants :

- Eliminer les acides gras dans la colonne de la section (800).
- Eviter l'inflammation d'huile en haute température par l'aspiration d'oxygène présent dans la colonne.
- Evaporer l'eau contenue dans l'huile.

I.4.2 Méthodes de création du vide

Le rôle de la technique du vide est de maintenir les pressions inférieures à la pression atmosphérique en diminuant la quantité de matière qui se présente sous la forme de gaz ou de vapeur [2].

Dans l'industrie on utilise généralement deux méthodes pour la création du vide, groupe de vide à jet de vapeur multi-étages et la pompe à vide.

I.4.2.1 Groupe de vide à jet de vapeur multi-étages

Cette méthode consiste à utiliser des éjecteurs et des condenseurs en série.

Le vide est créé d'abord dans l'éjecteur par effet venturi, ensuite il est augmenté dans les condenseurs par la technique de transfert de chaleur.

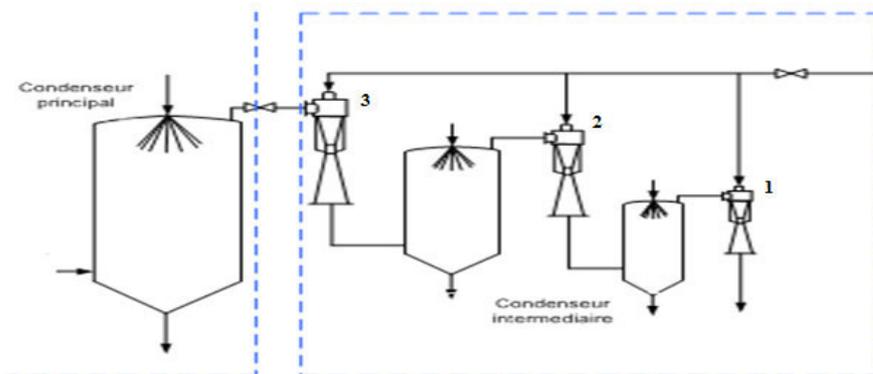


Figure I.2 : Groupe de vide à jet de vapeur multi-étages[1].

- L'effet venturi est un effet d'aspiration provoqué par le passage d'un courant d'air. Il est principalement mis en application dans les générateurs de vide. Un générateur de vide est alimenté en air comprimé. L'air est injecté à travers une buse de petite dimension. Grâce à cette buse émettrice, l'air est accéléré.

Dans le volume qui entoure la buse, les molécules d'air sont aspirées et fument par la buse de sortie avec l'air d'alimentation qui s'échappe [3], l'effet venturi est représenté dans la figure (I.3).

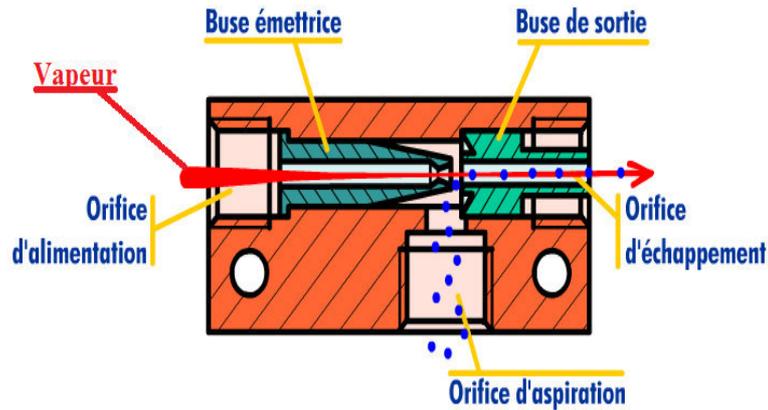


Figure I.3 : Création de vide par effet ventru [3].

- Le transfert de chaleur qui est effectué dans les condenseurs, sert à abaisser l'énergie interne de fluide en diminuant sa température. Dans notre système l'eau froide est injectée dans le condenseur à travers la vapeur, ce qui provoque la condensation de cette dernière et amène à la création de vide.

I.4.2.2 Pompe à vide

Est un outil permettant de créer le vide, capable d'aspirer un certain flux, de le comprimer et de le refouler à une pression supérieure à la pression d'aspiration. Toutes les pompes à vide peuvent être caractérisées par des grandeurs mesurables comme la pression de refoulement maximale et une pression d'aspiration limitée [4].



Figure I.4 : Pompe à vide.

I.5 Description du système étudié

Le système de création du vide est composé de deux boucles fermées.

I.5.1 Le déroulement de La première boucle

Le déroulement de la première boucle qui assure l'alimentation des collecteurs d'eau barométriques des deux sections, désodorisation (section 800) et décoloration (section 600) est procéder de la façon suivante :

-L'ouverture des vannes de refoulement et d'aspiration (YV6, YV5) entraîne le démarrage de la pompe (P1), qui envoie l'eau du bac d'eau usée vers les collecteurs des condenseurs situé au niveau des deux sections ou se déroule la création du vide par la condensation de la vapeur en

haute pression, avec un vide de 60 à 100 mbar pour la section(600) et 2 mbar pour la section(800).

-Après la condensation de la vapeur (section 800) l'eau descend par des chutes barométriques vers le bac intermédiaire (DNT) accompagné de l'eau résultante de la condensation, le débordement de ce dernier est véhiculé vers le bac Hotwell.

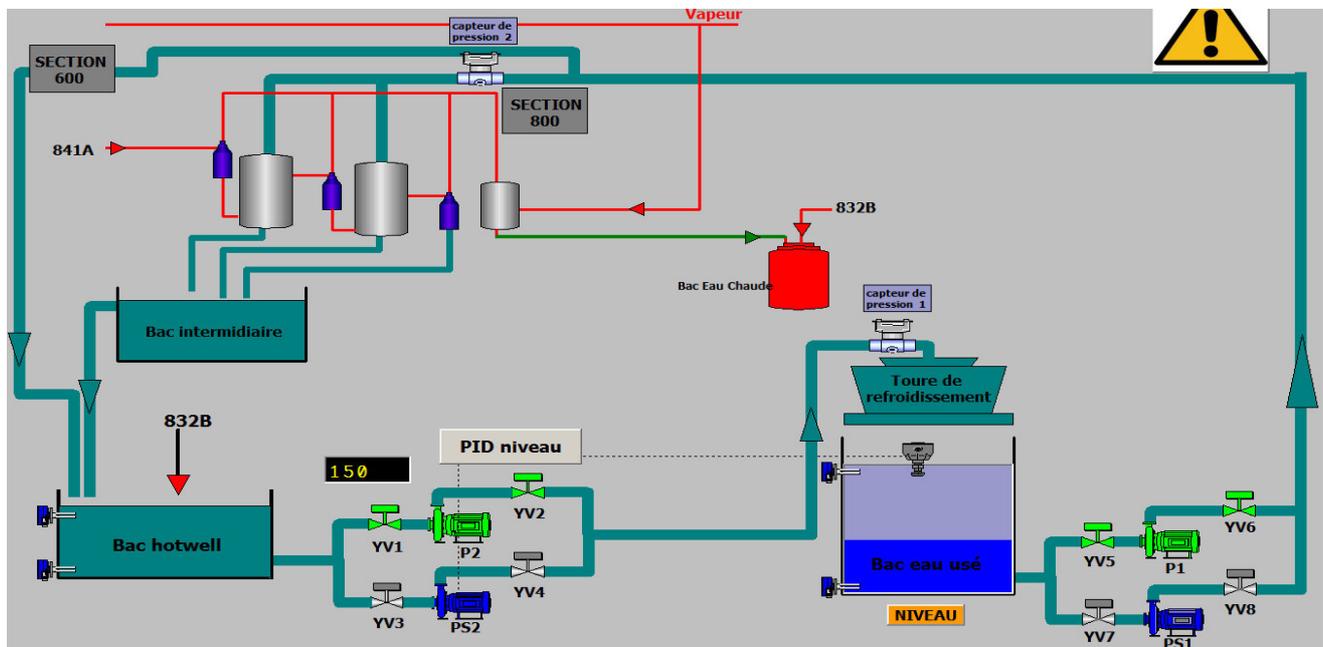


Figure I.5 : Le déroulement de la première boucle du système.

- L'ouverture des vannes de refoulement et d'aspiration (YV2, YV1) entraîne le démarrage de la pompe (P2) qui canalise l'eau du bac Hotwell vers le bac d'eau usée en passant par la tour de refroidissement dans le but de réduire sa température, et le cycle recommence.
- La vapeur utilisée dans les éjecteurs passe par un séparateur (sécheur), qui élimine l'eau présente dans la vapeur, cette eau est envoyée vers le bac d'eau chaude.

I.5.2 le déroulement de la deuxième boucle

Le déroulement de la deuxième boucle qui assure l'alimentation du grand condenseur (841A), étant donné que ce dernier travaille avec l'eau propre refroidie par le circuit d'eau glycolée. Le procédé de la deuxième boucle s'effectue de la manière suivante :

- La sélection de deux échangeurs parmi les trois W1, W2, W3.
- Mettre le Chiller sous tension et ouverture des vannes de refoulement et d'aspiration (YV15, YV16), ce qui entraîne le démarrage de la pompe (P6).
- Ouvrir les vannes de refoulement et d'aspiration (YV10, YV9) de la pompe (P3), (YV18, YV17) de la pompe (P7) et démarrer les pompes (P7, P3).
- Lors de la création du vide l'eau barométrique entraîne avec lui des particules d'huile et d'acide gras, ce qui augmente son acidité, pour remédier à cela on utilise la pompe (P4) qui injecte de la soude NAOH provenant de la cuve 834NA à l'aspiration de la pompe P3 (PS3)

pour garder le PH=8.

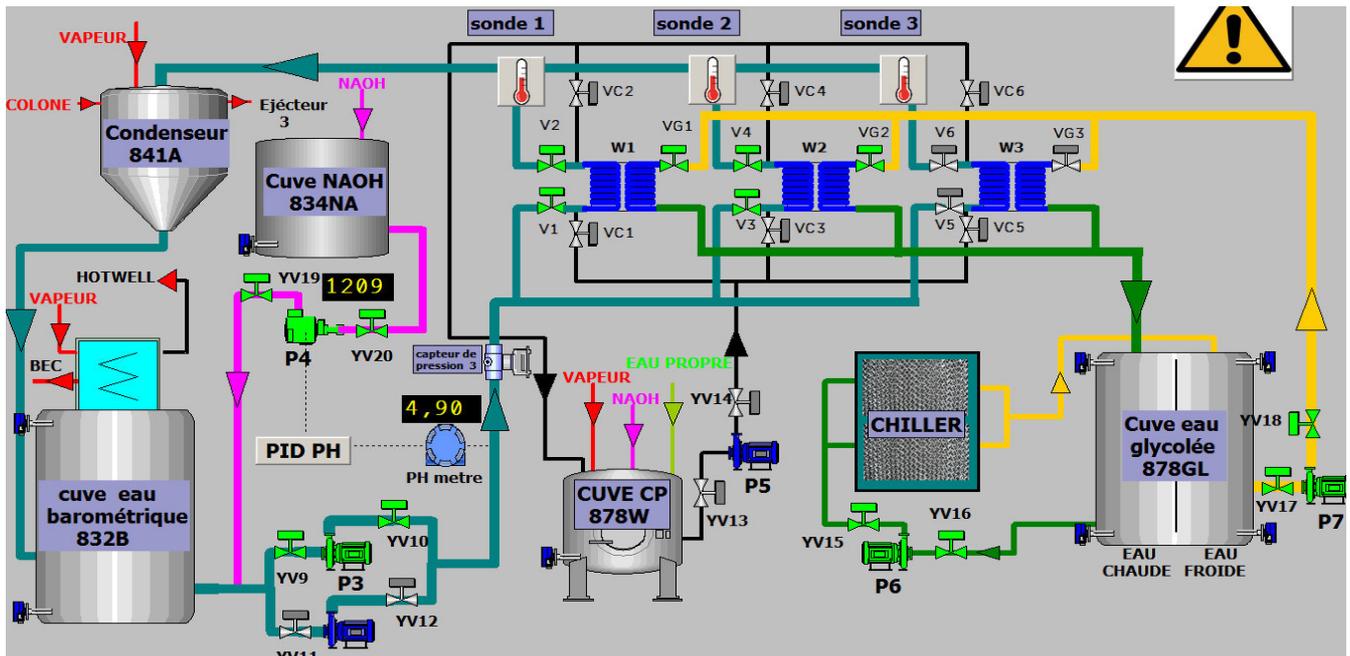


Figure I.6 : Le déroulement de la deuxième boucle du système.

- Les échangeurs fonctionnent comme suite : deux échangeurs fonctionnent et l'autre en arrêt, la permutation entre eux s'effectue lorsque la sonde de température de l'un des deux échangeurs en marche dépasse (6°C), l'échangeur se met hors service et entre en CP (nettoyage), ce qui entraîne le démarrage de la pompe (P5) après l'ouverture des vannes de refoulement et d'aspiration (YV14, YV13).
- Une fois que l'eau barométrique est refroidie dans les échangeurs elle part vers le grand condenseur 841A situé dans la section 800, ou se déroule la condensation de la vapeur de HP afin de créer le vide, ensuite cette eau descend par des chutes d'eau barométrique vers le bac 832B qui possède un débordement vers le bac Hotwell.

➤ Problématique

- Débordements fréquents au niveau du bac d'eau usée vers le parc stockage (huiles brutes). Source d'eau basique qui contamine la fosse de récupération des huiles, elle-même qui contamine la station d'épuration.
- Débordement au niveau du bac Hotwell, quoique rarement (source nuisible et perte des huiles, acides gras libre AGL).
- Perte en eau d'appoint.
- Perturbation du vide dans le grand condenseur due à la diminution du degré de PH des eaux barométriques.
- Ajustement des niveaux par l'opérateur ce qui pénalise la production en temps et en qualité.

➤ **Solution proposées**

I. Automatisation de la régulation de niveau d'eau du bac eau usée

- Variation des débits (installation d'un variateur de vitesse).
- Installation d'un transmetteur de niveau.

II. Automatisation de la régulation du PH=8 des eaux barométriques

- Installation d'une pompe doseuse de soude (NAOH) avec variateur de vitesse.
- Installation d'un PH mètre.

III. Amélioration

- Installation des électrovannes et automatisation des pompes.
- Automatisation de la permutation des 03 échangeurs.
- Installation des capteurs de température et de pression.

I.6 Description des équipements utilisés dans notre système

Les équipements ajoutés à l'ancien système sont :

- Deux variateurs de vitesse.
- Trois capteurs de pression.
- Un transmetteur de niveau.
- Trois sondes de température.
- (18) électrovannes TOR.

I.6.1 Les éléments utilisés dans les circuits des eaux barométriques

➤ **La pompe**

Une pompe est un dispositif permettant d'aspirer et de refouler un fluide.

- 1- **Une pompe centrifuge** : est une machine rotative qui pompe un liquide en le forçant au travers d'une roue à aube ou d'une hélice appelée souvent turbine. C'est le type de pompe industrielle le plus commun. Par l'effet de la rotation de la turbine, le fluide pompé est aspiré axialement dans la pompe, puis accéléré radialement, et enfin refoulé tangentiellement.



Figure I.7 : Pompe centrifuge.

Remarque :

La plaque signalétique du moteur de la pompe est représentée dans l'**annexe 1**.

Le schéma électrique de câblage d'une pompe est représenté dans l'**annexe 5**.

2- Une pompe doseuse : servent à injecter de façon précise et répétable de petites quantités de liquides ou de fluides, les pompes doseuses sont généralement des pompes avec doseur oscillant. Un volume de liquide défini avec exactitude est aspiré lors de la course de retour du piston et poussé dans la conduite de dosage lors de la course de refoulement [1]. La plaque signalétique de la pompe est représentée dans l'**annexe 1**.



Figure I.8 : Pompe doseuse.

➤ **Chiller**

Est un groupe de production d'eau froide en circuit fermé qui permet le refroidissement et le contrôle de la température d'eau, il reprend la conception du très performant refroidisseur de liquide à condensation par air.



Figure I.9 : Le Chiller.

➤ Echangeur

Un échangeur de chaleur est un dispositif permettant de transférer de l'énergie thermique d'un fluide vers un autre sans les mélanger. Le flux thermique traverse la surface d'échange qui sépare les fluides, l'échange de chaleur se produit toujours par convection, plus la surface d'échange est grande, plus l'échange est performant. L'échangeur utilisé dans notre système est l'échangeur à plaques, qui est un type d'échangeur de chaleur et il connaît un usage croissant dans l'industrie et dans le génie climatique [1].



Figure I.10 : Un échangeur à plaques.

➤ L'éjecteur

Un éjecteur est un assemblage mécanique permettant à l'aide d'un premier fluide pressurisé, de comprimer un second fluide en les mélangeant ; sans aucune pièces mobiles transmettant d'énergie aux fluides. Il peut être utilisé dans de nombreux domaines, par exemple l'obtention d'un vide. Il fonctionne à partir du principe de l'effet venturi. Un fluide est injecté à grande vitesse à l'entrée de l'éjecteur, généralement de la vapeur d'eau, de l'air comprimé, ou encore un fluide frigorigène. L'aspiration se produit généralement au niveau de l'étranglement ou juste après [1].

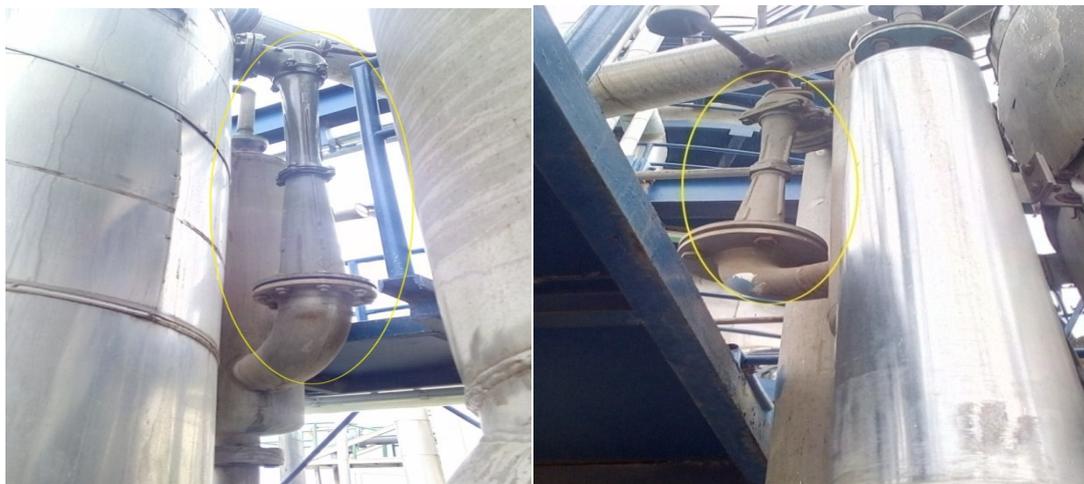


Figure I.11: Le grand et le petit éjecteur.

➤ **Tour de refroidissement**

Les tours de refroidissement sont utilisées pour refroidir un liquide avec l'air ambiant. C'est un cas spécifique d'un échangeur de chaleur où le transfert thermique s'effectue par contact direct ou indirect entre les flux. Elles ont pour fonction d'évacuer vers le milieu extérieur la chaleur issue de dispositifs de refroidissement en pulvérisant de l'eau chaude dans un flux d'air. Cette eau tombe par gravitation à l'intérieur d'un flux d'air frais remontant dans la tour. Cette circulation d'air sert à refroidir l'eau par vaporisation d'une partie de l'eau pulvérisée. Cette vapeur d'eau est quelquefois visible sous la forme d'un panache au-dessus de la tour [1].



Figure I.12 : Tour de refroidissement.

➤ **Condenseur**

Un condenseur est un appareil dont la fonction principale est de liquéfier (ou condenser) de la vapeur sur une surface froide, ou via un échangeur thermique maintenu froid par la circulation d'un fluide réfrigérant. La chaleur latente du corps est transférée dans le fluide réfrigérant, ce qui consiste en un changement de phase à température constante. Le fluide réfrigérant varie en fonction du débit de vapeur à condenser et de la température de condensation du gaz : air, eau [1].



Figure I.13 : Un condenseur.

➤ **Réservoir d'eau**

Ce sont des bacs ou des cuves en acier permettant le stockage d'eau.



Figure I.14 : Une cuve et un bac en acier.

I.6.2 Instrumentation de mesure des paramètres de control

➤ **les électrovannes**

Une électrovanne ou électrovalve est une vanne commandée électriquement. Grâce à cet organe, il est possible d'agir sur le débit d'un fluide dans un circuit par un signal électrique. Il existe deux types d'électrovannes : tout ou rien et régulatrice. Le schéma électrique de câblage d'une électrovanne est représenté dans l'**annexe 5**.



Figure I.15 : Une électrovanne.

➤ Capteur

Un capteur est un dispositif transformant l'état d'une grandeur physique mesurée en une grandeur utilisable, telle qu'une tension électrique, une hauteur de mercure, une intensité ou la déviation d'une aiguille.

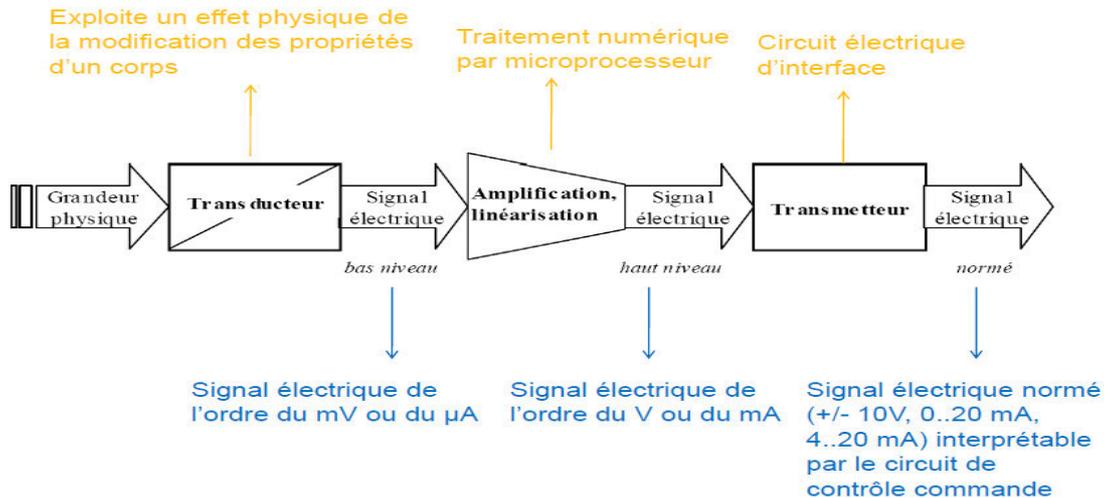


Figure I.16 : Structure générale d'un capteur [6].

➤ Transmetteur

C'est un dispositif qui converti le signal de sortie du capteur en un signal de mesure standard. Il fait le lien entre le capteur et le système de commande, le couple capteur + transmetteur réalise la relation linéaire entre la grandeur mesurée et son signal de sortie. Le schéma électrique du câblage d'un transmetteur est représenté dans l'annexe 5.



Figure I.17 : Un transmetteur de niveau.

➤ **Les capteurs de température**

Les sondes de température (ou capteur de température) sont des dispositifs permettant de transformer l'effet du réchauffement ou du refroidissement sur leurs composants en signal électrique.



Figure I.18: Une sonde de température.

➤ **Capteur de pression**

Un capteur de pression est un dispositif destiné à convertir les variations de pression en variations de tension électrique, lorsque le capteur est relié à un système numérique, les variations analogiques sont d'abord converties en signaux numériques binaires par un convertisseur analogique –numérique avant d'être transmises à l'ordinateur de contrôle et de gestion.

Le schéma électrique de câblage d'un capteur de pression est représenté dans l'**annexe 5**.



Figure I.19 : Capteur de pression.

➤ Capteur de niveau (lames vibrantes)

Le contrôle de niveau est utilisé dans de nombreux et divers domaines, afin de connaître l'état de remplissage de récipients, c'est-à-dire le niveau qu'y atteint le produit présent (NH, NB), dans notre système ont a utilisé le détecteur de niveau à lames vibrante (liquiphante) TFTL260 qui sert à détecter des niveaux pour liquides contenus dans les réservoirs et cuves de stockage, il peut fonctionner dans un environnement de température entre 40°C et 150°C.

L'électronique du TFTL260 surveille la fréquence de résonance et indique si la fourche oscille librement ou si elle est recouverte de liquide [1].

Le schéma électrique de câblage d'un capteur de niveau haut est représenté dans l'annexe 5.

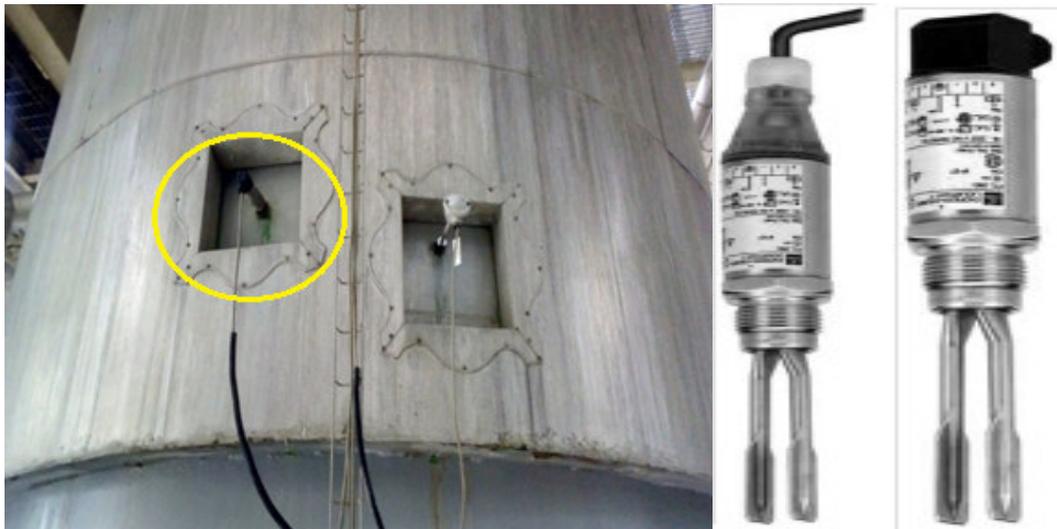


Figure I.20 : Détecteur de niveau à lames vibrantes liquiphant (T FTL260).

➤ PH-mètre

Un PH-mètre est un appareil permettant la mesure du pH d'une solution, il est constitué d'un boîtier électronique permettant l'affichage de la valeur numérique du pH et d'une sonde de PH constituée d'une électrode de verre permettant la mesure et d'une électrode de référence.



Figure I.21: PH-mètre.

➤ Variateur de vitesse

Permet de faire varier la vitesse de rotation d'un moteur asynchrone et pour faire varier cette dernière, il faut faire des modifications sur la fréquence de rotation du champ magnétique et la fréquence du courant d'alimentation.

Les variateurs de vitesse sont des variateurs de fréquence, ils permettent :

- une conservation de couple sur toute la gamme de vitesse.
- une gamme de vitesse de 5 à 200% de la vitesse nominale [5].

Le schéma électrique du câblage d'un variateur de vitesse ATV32 est représenté dans **l'annexe 5**.



Figure I.22: Variateur ATV32.

Le variateur de vitesse est l'organe incontournable des applications industrielles où la maîtrise de la vitesse de rotation d'un moteur asynchrone est essentielle. Ces constituants électroniques regroupent en un seul appareil toutes les fonctions nécessaires à la commande du moteur :

- ❖ Démarrage (avec contrôle de l'accélération)
- ❖ Inversion du sens de rotation
- ❖ Freinage (avec contrôle de la décélération)
- ❖ Choix de plusieurs vitesses de rotation
- ❖ Variation de vitesse avec consigne analogique
- ❖ Surveillance du moteur (courant moteur, échauffement...) [3].

Le variateur ATV affiche plusieurs défauts, qui sont classés selon les types de réarmement du variateur après l'apparition de ces défauts.

- A- Défauts non réarmables automatiquement : la cause du défaut doit être supprimée avant réarmement par mise hors puis sous tension (ex. AI2F, EnF, SOF), ils sont réarmables aussi à distance par entrée logique ou bit de commande.
- B- Défauts réarmables avec la fonction redémarrage automatique : ces défauts sont également réarmables par mise hors puis sous tension ou par entrée logique ou bit de commande (ex. APE, CnF, COF), ils peuvent être effacés à distance par entrée logique ou bit de commande.

C- Défauts réarmables spontanément à la disparition de la cause : le défaut USF peut être effacé à distance par entrée logique ou bit de commande [1].

Dans notre système on a utilisé deux variateurs de vitesses de différentes puissances :

- Un variateur ATV32H055N4 de 0.55 KW pour la pompe doseuse (P4).
- Un variateur ATV32HD11N4 de 11 KW pour les pompes centrifuges (P2/PS2).

I.7 Conclusion

Dans ce chapitre on a décrit le processus et le principe de fonctionnement de raffinage d'huile et les instruments utilisés dans ce dernier, les modifications et les améliorations apportées au système vont permettre de remédier à la problématique et de bien répondre aux exigences du cahier des charges, pour l'obtention d'un système automatisé qui sera traitée dans les chapitres suivants.

CHAPITRE II

Généralités sur la régulation

II.1 Introduction

La régulation automatique est une technique destinée à analyser et concevoir des systèmes de commande pratique et autres dispositifs technologiques, utilisée pour contrôler une ou plusieurs grandeurs physiques d'un système telles que le niveau, le débit, le PH, la concentration, en vue d'imposer le comportement et de maintenir ces grandeurs à des niveaux prédéfinies ou à une valeur donnée, appelée consigne.

Les méthodes de l'automatique offrent la possibilité de modifier le comportement statique et dynamique d'une grandeur physique, afin qu'elle évolue conformément aux exigences de l'application.

II.2 Régulation et asservissement

Régulation : on appelle régulation un système asservi (en BF), qu'il doit maintenir constante la sortie (conformément à la consigne et indépendamment des perturbations, ex. régulation de niveau). Il existe trois type de régulation : régulation tout ou rien, régulation analogique, régulation numérique.

Asservissement : on appelle asservissement un système dont la sortie dépend le plus fidèlement de la consigne (consigne variable) [6].

II.3 Principe d'une chaîne de régulation

Pour un procédé à réguler, la grandeur réglante (grandeur d'entrée) est commandable via un actionneur qui reçoit le signal de commande analogique issu du régulateur, par exemple une intensité de courant dans l'intervalle (4-20 mA). De même la grandeur réglée est mesurée par un capteur qui délivre un signal analogique généralement de même nature que le signal de commande (4-20 mA). Donc pour un procédé à réguler, l'entrée commandable à considérer est le signal de commande de l'actionneur, et la sortie à considérer est le signal délivrée par le capteur qui mesure la grandeur réglée[6].

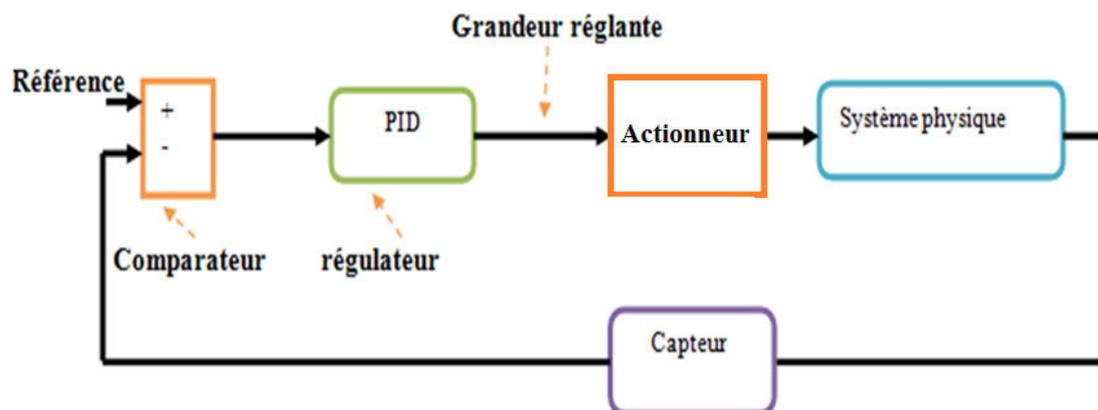


Figure II.1 : Schéma du principe d'une chaîne de régulation [7].

➤ Les principaux organes d'une chaîne de régulation :

- **Entrée consigne** : La consigne est l'entrée de référence, c'est la grandeur réglante du système.
- **Sortie réglée (asservie)** : la sortie réglée représente le phénomène qui doit être régulé.

C'est la grandeur physique pour laquelle la sortie a été conçue.

- **Perturbation** : on appelle perturbation tout phénomène physique intervenant sur le système qui modifie l'état de la sortie, un système régulé doit pouvoir maintenir la sortie à son niveau indépendamment de la perturbation.
- **La grandeur réglée** : c'est la grandeur physique que l'on désire contrôler, elle donne son nom à la régulation.
- **La grandeur réglante** : c'est la grandeur physique qui a été choisie pour contrôler la grandeur réglée. Elle n'est généralement pas de même nature que la grandeur réglée.
- **Le système physique** : (ou processus) il génère la variable que l'on désire asservir.
- **L'actionneur** : (organe de puissance) il peut être inclus dans le système physique à asservir.
- **Capteur** : il réalise la mesure de la grandeur commandée.
- **Le comparateur** : il calcule la différence (l'erreur) entre la consigne et la sortie. Cette mesure ne peut être réalisée que sur les grandeurs comparables.
- **Le régulateur** : c'est l'organe de commande, son rôle consiste à ajuster l'action à partir de l'erreur, il élabore la variable qui va agir et commander l'actionneur [10] [6].

II.4 Boucle ouverte et boucle fermée

Dans la plupart des appareils et installations industrielles, tertiaires et mêmes domestiques, il est nécessaire de maintenir des grandeurs physiques à des valeurs déterminées, en dépit des variations externes ou internes influant sur ces grandeurs. Le niveau d'un réservoir d'eau doit donc être réglé par des actions convenables sur le processus considéré.

II.4.1 Boucle ouverte

Un système est en boucle ouverte lorsque la commande est élaborée sans la connaissance des grandeurs de sortie. L'asservissement en boucle ouverte est utilisé lorsque le système est parfaitement connu.

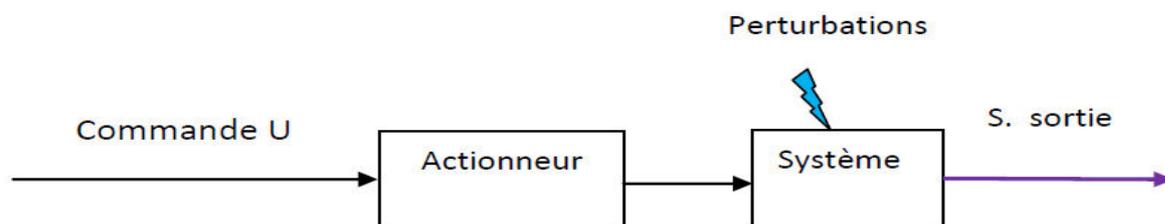


Figure II.2 : Système en boucle ouverte.

Inconvénients majeurs de la boucle ouverte :

- Sensibilité aux perturbations, aux incertitudes sur les paramètres internes.
- Impossible de modifier les performances dynamiques.
- Impossible de stabiliser un système naturellement instable [10].

II.4.2 boucle fermée

Si le système à commander n'est pas parfaitement connu ou si les perturbations l'affectent, les signaux de sortie ne seront pas ceux souhaités, l'introduction d'un retour d'information sur les sorties mesurés s'avère alors nécessaire, le système est dit en boucle fermée. La commande est alors en fonction de la consigne (la valeur souhaitée en sortie) et de la sortie.

Exceptionnellement, le système de commande peut opérer en boucle ouverte à partir du seul signal de consigne, mais la boucle fermée (contre réaction) est capable de :

- Stabiliser un système instable en BO.
- Compenser les perturbations externes.
- Compenser les incertitudes internes au processus lui-même [10].

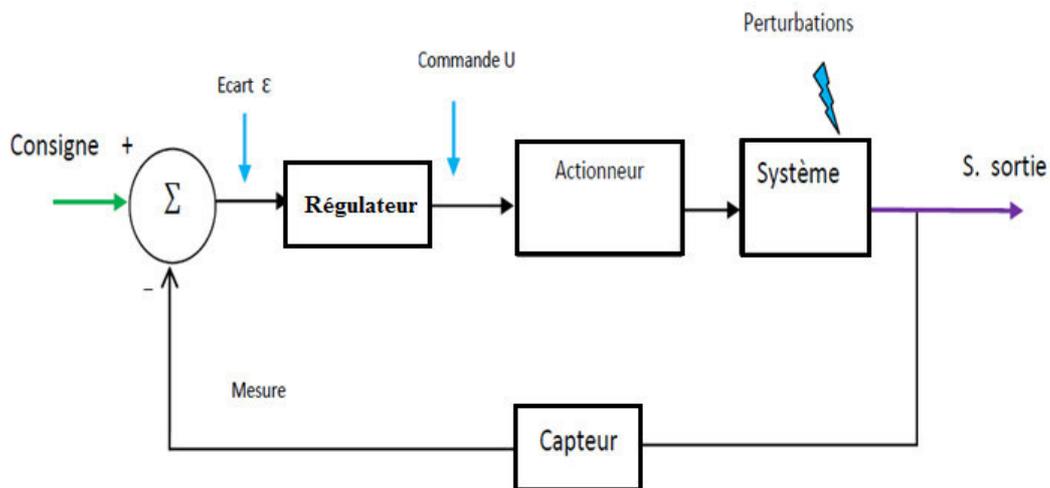


Figure II.3 : Système en boucle fermée [10].

II.5 Objectifs de la régulation

L'objectif d'une régulation ou d'un asservissement est d'assurer le fonctionnement d'un procédé selon les critères prédéfinis par un cahier de charges, ces critères qualitatifs à imposer sont traduits le plus souvent par des critères comme: la stabilité, la précision et la rapidité [7].

Les systèmes automatiques assurent en fait 2 types de fonctions :

- Maintenir la grandeur commandée, ou grandeur réglée, à une valeur de référence malgré les variations des conditions extérieures.
- Répondre à des changements d'objectif.

II.6 Critères de performance d'une régulation

II.6.1 Précision

Un système est plus précis lorsque la différence $\mathcal{E}(t)$ entre la valeur réelle $s(t)$ de la grandeur de sortie et la grandeur de la consigne $e(t)$ est minimale [6].

$$\mathcal{E}(t) = \text{erreur} = e(t) - s(t) = \text{minimale}$$

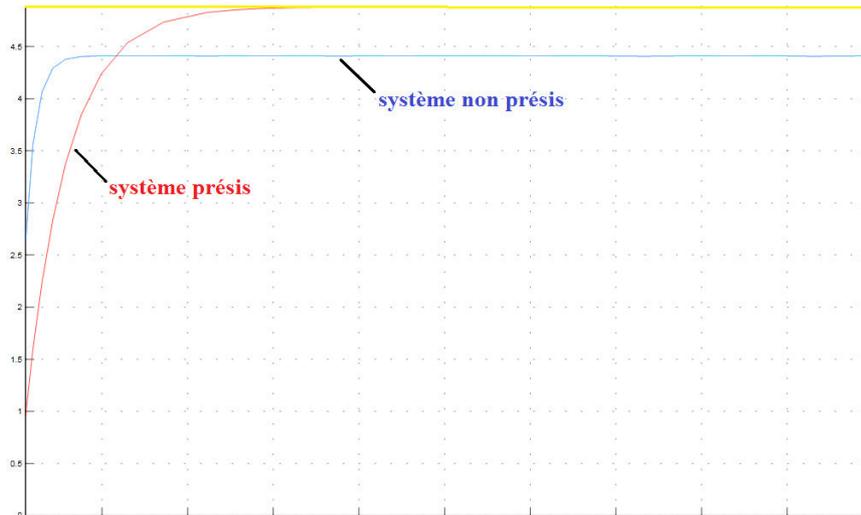


Figure II.4 : La différence entre un système précis et non précis.

II.6.2 Rapidité

La rapidité quantifie le temps pour atteindre l'équilibre on l'appelle le temps de réponse. Le temps mis par la réponse du système pour atteindre à moins de 5%, la valeur finale est tenue comme critère de rapidité t_s à $\pm 5\%$. On dit alors qu'un système a une rapidité satisfaisante s'il se stabilise à son niveau constant en un temps jugé satisfaisant [6].

L'amélioration de la rapidité (propriété temporelle) passe par l'élargissement de la bande passante (propriété fréquentielle) du système.

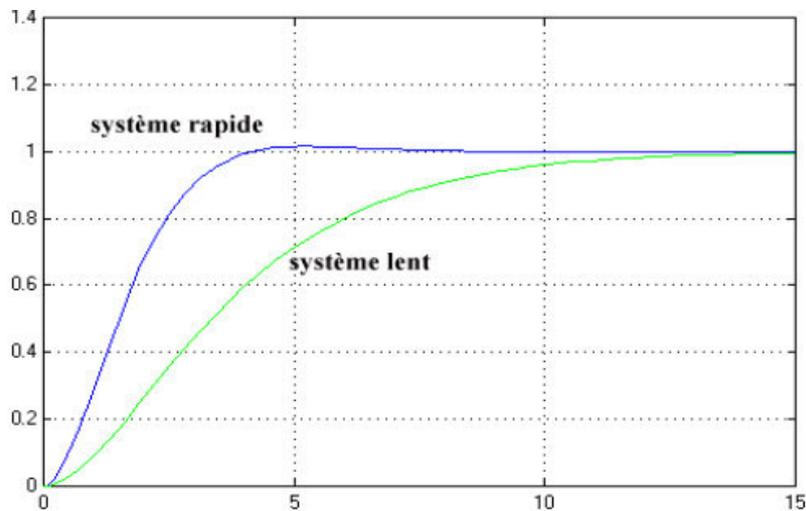


Figure II.5 : Système rapide et système lent.

II.6.3 Stabilité

La stabilité d'un système est la capacité de converger vers une valeur constante si l'entrée est constante. Ce système tend à revenir à son état d'équilibre permettant quand on lui applique une perturbation de courte durée. Cette condition est impérative mais avec un certain degré de stabilité (marge de sécurité) [10].

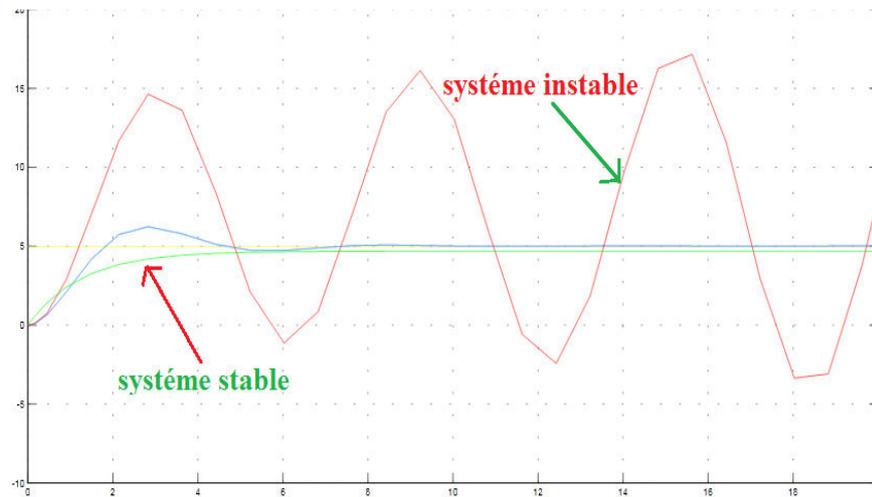


Figure II.6 : La stabilité d'un système.

II.7 Les actions PID

En pratique, à une catégorie donnée de systèmes à asservir, correspond un type de correcteur adopté. Pour effectuer un choix judicieux, il faut connaître les effets des différentes actions : proportionnelle, intégrale et dérivée

Un régulateur PID est obtenu par l'association de ces trois actions et il remplit essentiellement les trois fonctions suivantes :

- Il fournit un signal de commande en tenant compte de l'évolution du signal de sortie par rapport à la consigne
- Il élimine l'erreur statique grâce au terme intégrateur
- Il anticipe les variations de la sortie grâce au terme dérivateur [7].

II.7.1 Choix du sens d'action du régulateur PID

Le choix du sens d'action du régulateur est en fonction du sens d'action de l'ensemble vanne positionneur et du sens de variation de la grandeur réglée par rapport à la grandeur réglante.

Le sens d'action d'un ensemble vanne positionneur est direct si la vanne s'ouvre lorsque le signal de commande augmente et inverse dans le sens contraire [8].

II.7.2 Rôle des actions dans la boucle fermée

➤ Rôle de l'action proportionnelle P

On voit que le régulateur P assure une transmission instantanée du signal d'erreur ; dans ce sens son action est relativement dynamique : sa commande ne dépend pas du passé, ni d'une tendance mais simplement de ce qui se passe à l'instant présent.

Quand K_p augmente la réponse accélère, ce qui a pour conséquence de réduire l'erreur statique, la stabilité se dégrade [8].

➤ Rôle de l'action intégrale I

Son rôle est d'annuler l'écart entre la mesure et la consigne, plus l'action intégrale est élevée (T_i petit) plus la réponse s'accélère et plus la stabilité se dégrade.

Le coefficient $1/T_i$ agit comme un gain et sa valeur affecte le comportement transitoire de la boucle fermée [8].

➤ Rôle de l'action dérivé D

Son rôle est de compenser les effets du temps mort (retard) du procédé, on distingue deux effets :

Effet statique : l'action du régulateur D n'intervient que sur la dérivée de l'erreur, c'est-à-dire qu'elle est sensible à la variation de l'erreur et non à l'erreur elle-même. Lorsque celle-ci est constante le dérivateur n'a aucun effet.

Effet dynamique : l'intérêt principal de la correction dérivée est sa sensibilité aux variations de l'erreur. Elle s'oppose aux grandes variations de l'erreur, le fait qu'elle apporte un déphasage positif de 90° confirme son effet stabilisant puisque les marges de stabilité ont tendance à augmenter [9].

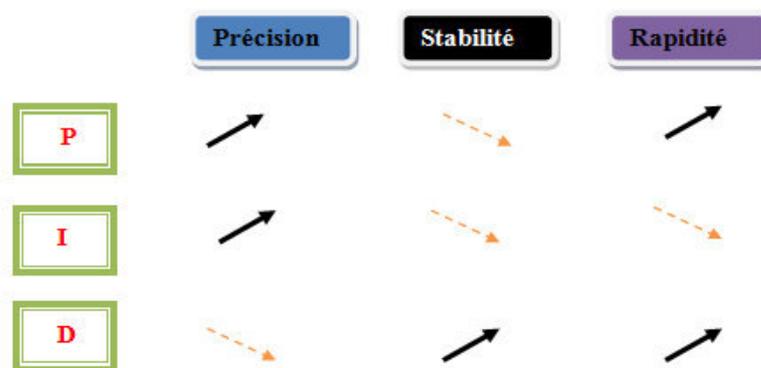


Figure II.7 : Rôle des actions de régulateur dans la boucle fermée.

II.8 Constituants du régulateur PID

II.8.1 Correcteur Proportionnel P

Principe : Ce correcteur élémentaire est le correcteur de base, il agit principalement sur le gain du système asservi, il permet donc d'améliorer notablement la précision et la rapidité.

La fonction de transfert du correcteur est donc : $C(p) = U(p)/\mathcal{E}(p) = k_p$.

Effet : Nous avons vu que l'effet d'une augmentation du gain entraîne une diminution de l'erreur statique, rend le système plus rapide mais augmente l'instabilité du système [7] [8].

II.8.2 Correcteur Proportionnel – Intégrateur P.I

Intégrateur pur :

La fonction de transfert d'un correcteur pur est : $C(p) = U(p)/\mathcal{E}(p) = 1 / T_i$.

L'intérêt principal de ce correcteur est d'ajouter dans la chaîne de commande une intégration qui annule l'erreur statique pour une entrée en échelon.

L'intérêt principal de ce type de correcteur est donc d'améliorer la précision, il introduit malheureusement un déphasage de -90° et risque de rendre le système instable (diminution de la marge de phase).

Intégrateur proportionnelle PI :

Le régulateur PI est le régulateur le plus utilisée en pratique ou ses contributions à la précision mais aussi à la robustesse du système asservi sont particulièrement appréciées.

La fonction de transfert de ce correcteur est : $C(p) = U(p) / \mathcal{E}(p) = k_p (1+T_i.p) / (T_i.p)$.

Plus T_i est grande, plus l'action intégral est faible. Dans un régime permanent le régulateur PI annule l'erreur indicielle, dans un régime transitoire le PI augmente le temps de réponse et peut augmenter l'instabilité [8].

II.8.3 Correcteur Proportionnel – dérivé P.D

On notera que l'action D ne permettant pas la transmission d'un signal constant, elle doit donc toujours s'accompagner au moins d'une action P (régulateur PD).

Effet : augmentation de la pulsation ω_0 ce qui permet l'amélioration de la rapidité, avance de phase maximale de 90° pour $\omega > 10/T_d$ afin d'améliorer la stabilité (marge de phase).

La fonction de transfert du régulateur PD : $C(p) = U(p) / \mathcal{E}(p) = k_p (1+T_d.p)$ [10].

II.8.4 Correcteur Proportionnel Intégrateur Dérivateur PID

Le régulateur standard le plus utilisé dans l'industrie est le régulateur PID (proportionnel intégral dérivé). L'intérêt du correcteur PID est d'intégrer les effets positifs des correcteurs précédents :

- Amélioration de la stabilité par l'effet dérivateur.
- Amélioration de la précision statique par l'effet intégrateur.
- Amélioration de la dynamique par l'effet proportionnel.

La loi de commande du régulateur PID :

$$u(t) = k_p * (e(t) + \frac{1}{T_i} * \int_0^t e(\tau) * d\tau + T_d * \frac{de(t)}{dt})$$

La fonction de transfert d'un correcteur PID est de la forme suivante :

$$G_c(p) = \frac{U(p)}{E(p)} = K_p * \frac{1 + P * T_i + P^2 * T_i * T_d}{P * T_i}$$

La détermination des coefficients K_p , T_i , T_d du correcteur PID permet d'améliorer à la fois la précision (T_d et K_p) la stabilité (T_d) et la rapidité (T_d , K_p) [9].

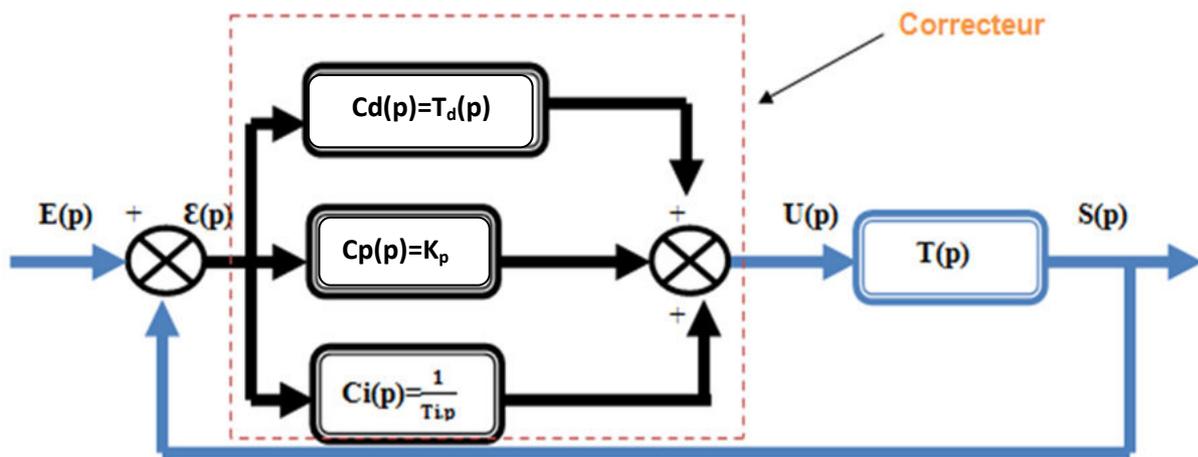


Figure II.8 : Correcteur Proportionnel Intégrateur Dérivateur PID [9].

L'objectif du réglage est de placer le correcteur de telle sorte que, autour de la pulsation critique du système non corrigé, l'avance de phase soit positive et suffisante pour ne pas rendre le système instable.

II.9 Structure des régulateurs électroniques [10]

Dans un régulateur PID, il existe plusieurs façons d'associer les paramètres P, I et D. en effet, le correcteur PID peut avoir une structure série, parallèle ou mixte.

- La structure parallèle

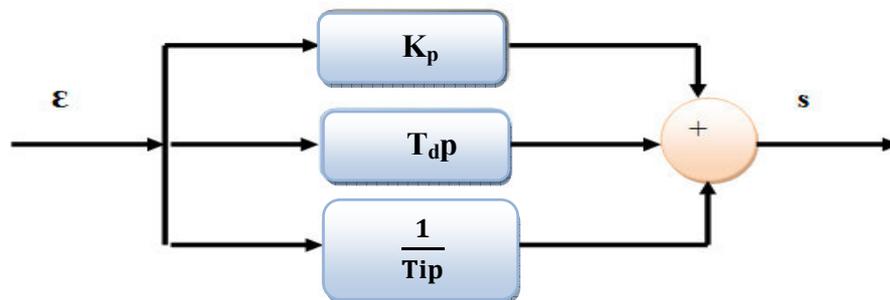


Figure II.9 : PID parallèle.

Fonction de transfert du régulateur PID parallèle est :

$$\frac{S(p)}{\epsilon(p)} = K_p + T_d p + \frac{1}{T_i p}$$

- La structure série

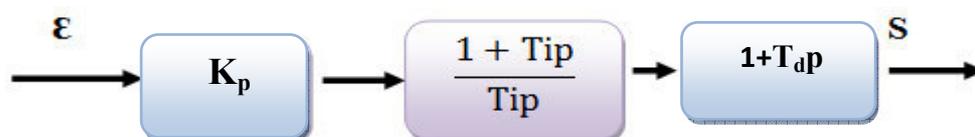


Figure II.10 : PID série

Fonction de transfert du régulateur PID série est :

$$\frac{S(p)}{\varepsilon(p)} = K_p * \left(1 + \frac{1}{T_i p}\right) * (1 + T_d p)$$

Il existe un lien fort entre les paramètres puisque le réglage de l'action Proportionnelle K_p influe par exemple sur l'action Intégrale et que T_i influe sur l'action Proportionnelle

- **La structure mixte**

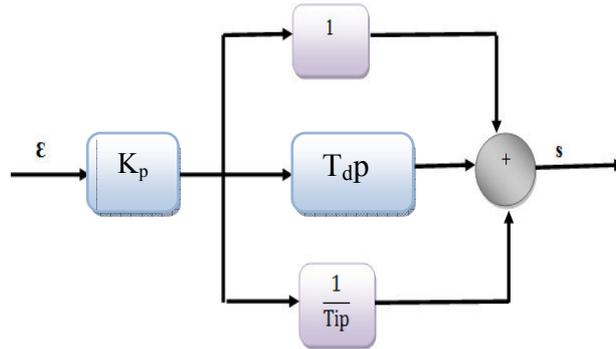


Figure II.11 : PID mixte.

Fonction de transfert du régulateur PID mixte est :

$$\frac{S(p)}{\varepsilon(p)} = K_p * \left(1 + \frac{1}{T_i p} + T_d p\right)$$

II.10 Méthodes de calcul des paramètres d'un régulateur PID

Pour aboutir à de telles performances, on est obligé de bien choisir les paramètres de ce régulateur. Pour ce faire, plusieurs méthodes existent.

A. Méthode du point critique ou méthode de Ziegler-Nichols en boucle fermée

Cette méthode est basée sur la connaissance du point critique du processus. Expérimentalement, on boucle le processus sur un simple régulateur proportionnel dont on augmente le gain jusqu'à amener le système à osciller de manière permanente, on se trouve ainsi à la limite de stabilité. Après avoir relevé le gain critique K_{cr} du régulateur et la période d'oscillation T_{cr} de la réponse, on peut calculer les paramètres du régulateur choisi à l'aide du tableau [1], ces valeurs ne sont pas toujours satisfaisantes, on peut être amené à corriger les coefficients proposés et en particulier à diminuer le gain K_i [9].

Type	Kp	Ti	Td
P	0.5*Kcr	-	-
PI	0.45*Kcr	0.83*Tcr	-
PID	0.6*Kcr	0.5*Tcr	0.125*Tcr

Tableau II.1 : Ajustage de gain du régulateur P, PI et PID selon la méthode de Ziegler-Nichols en boucle fermée.

B. Méthode de Ziegler-Nichols en boucle ouverte

On trace la tangente au point d'inflexion Q de la courbe. On mesure ensuite les temps T_U correspondant au point d'intersection entre l'abscisse et la tangente ainsi que le temps T_g qui est la pente de la tangente [9].

Type	Kp	Ti	Td
P	T_g/T_u	-	-
PI	$0.9*(T_g/T_u)$	$3.3*T_u$	-
PID	$1.2*(T_g/T_u)$	$2.0*T_u$	$0.5*T_u$

Tableau II.2 : Ajustage de gain de régulateur P, PI et PID selon la méthode de Ziegler-Nichols en boucle ouverte.

➤ Le bloc fonctionnel FB41 "CONT_C"

Le bloc FB41 "CONT_C" sert à régler des processus industriels à grandeurs d'entrée et de sortie continues sur les automates programmables SIMATIC S7. Le paramétrage nous permet d'activer ou de désactiver des fonctions partielles du régulateur PID et donc d'adapter ce dernier au système réglé. Le bloc FB41 doit être appelé dans un OB d'alarme cyclique (OB30 à OB38) pour les API S7 300, et il faut aussi préciser le cycle [11].

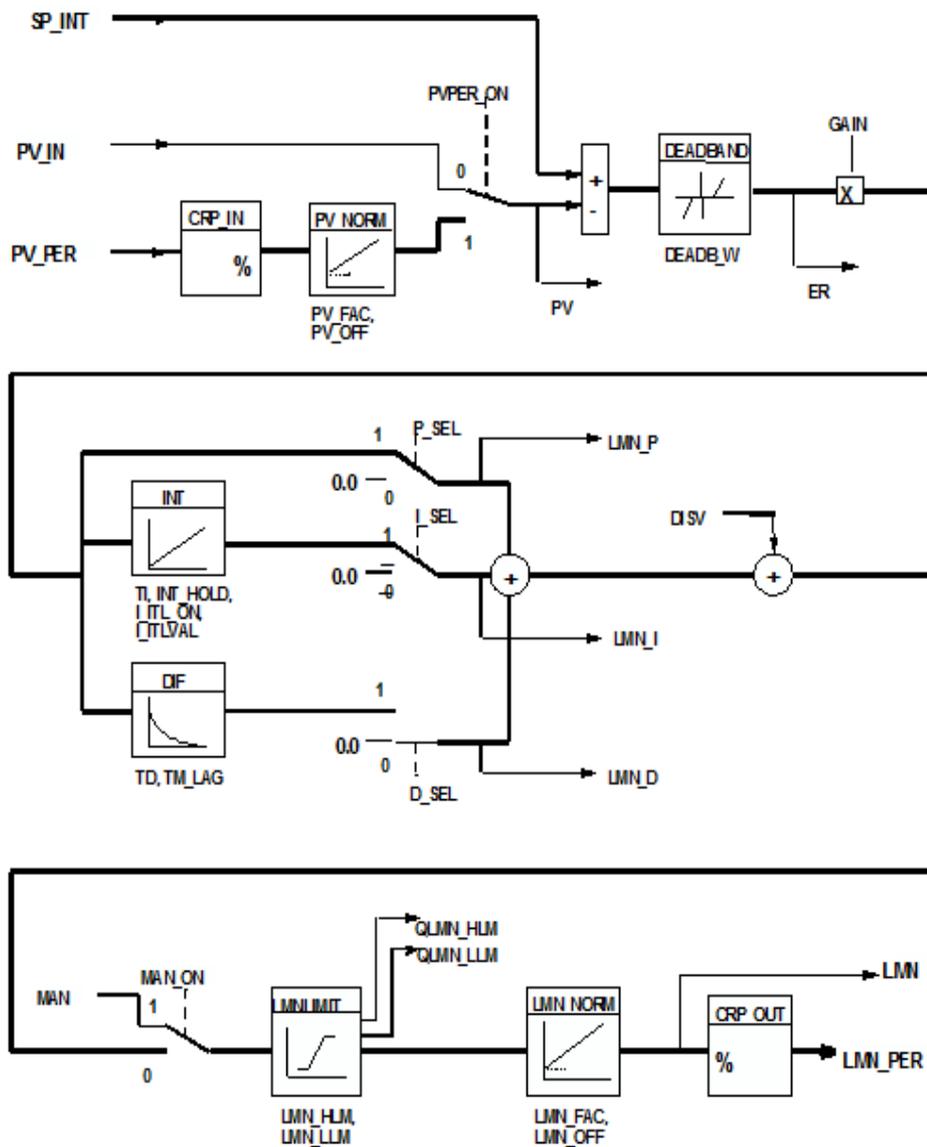


Figure II.12 : Schéma fonctionnel d'un FB41 « CONT-C ».

On peut utiliser le FB41 comme un régulateur PID, PI, PD, P et aussi comme régulateur I et D purs. Et ça est possible grâce aux positionnements parallèle des parties proportionnelle (P), intégral (I), dérivée (D).

Les paramètres d'entrée utilisés :

Paramètres	Type de donné	Valeur par défaut	Description
COM_RST	BOOL	FALSE	Initialisation du bloc quand cette entrée est à 1
MAN_ON	BOOL	TRUE	Activation de mode manuel

PVPER_ON	BOOL	FALSE	Activation de la mesure de périphérie
P_SEL	BOOL	TRUE	Activation de l'action proportionnelle
I_SEL	BOOL	TRUE	Activation de l'action intégrale
D_SEL	BOOL	FALSE	Activation de l'action dérivée
CYCLE	TIME	T#1s	Période d'échantillonnage
SP_INT	REAL	0.0	Introduire la consigne
MAN	REAL	0.0	Introduire une valeur manuelle
GAIN	REAL	2.0	Indiqué le gain du régulateur
TD	TIME	T#10s	Cette entrée sert à indiqué le temps de dérivation
TI	TIME	T#20s	Cette entrée sert à indiqué le temps de l'intégration
PV_IN	REAL	0.0	Paramétrer une valeur de mise en service
PV_PER	WORD	W#16#0000	Mesure de périphérie(PEW)

Tableau II.3 : Les paramètres d'entrée utilisés dans le FB41 [11].

Les paramètres de sortie utilisés :

Paramètres	Type de donnée	Valeur par défaut	Description
LMN	REAL	0.0	Valeur de réglage agissant réellement
LMN_PER	WORD	W#16#0000	Valeur de réglage de périphérie (PAW)

Tableau II.4 : Les paramètres de sorties utilisés dans le FB41 [11].

➤ Le schéma bloc de régulation de niveau est le suivant

On pose :

- $H_c(p)$ niveau de consigne et $H(p)$ le niveau du bac.
- $Q_e(p)$ le débit entrant et $Q_s(p)$ le débit sortant.

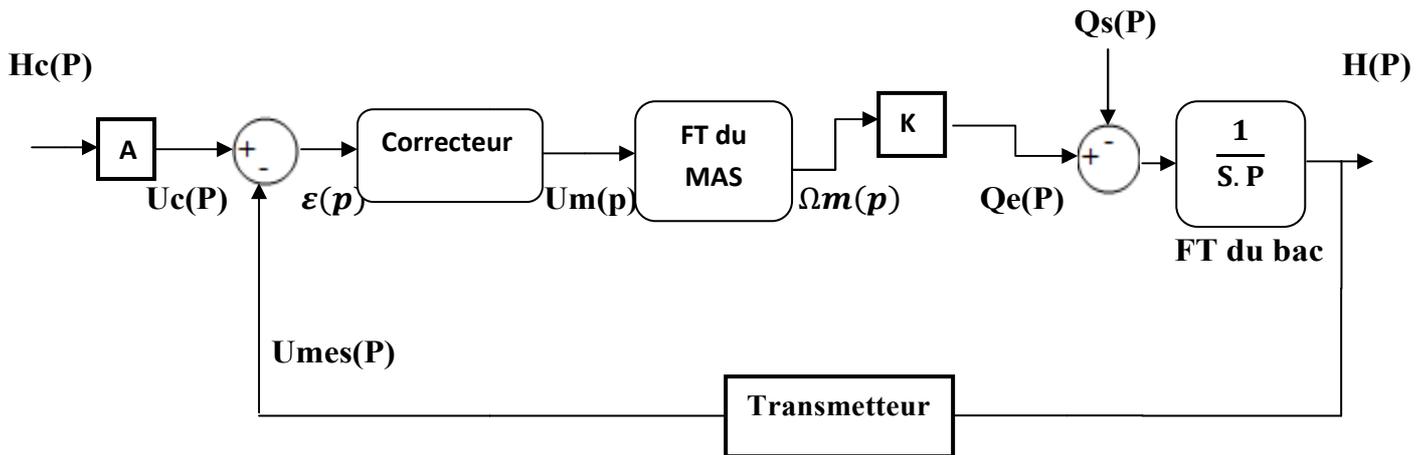


Figure II.13 : Boucle de régulation de niveau.

Avec :

A : potentiomètre.

K : gain de vitesse en débit

S : surface du bac.

II.11 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté d'une façon générale la régulation en boucle fermée et en boucle ouverte. Comme on a aussi définie le régulateur PID (FB41 CONT-C) qui est un régulateur intégré dans le STEP7. Ainsi qu'on a présenté quelques méthode de régulation, qui se résume à ajusté les paramètres du régulateur afin de maintenir la grandeur de sortie à la valeur désirée et de respecté le cahier de charge imposé.

CHAPITRE III
Automate programmable industriel

III.1 Introduction

L'automatisme est la discipline qui traite de la commande des systèmes, elle consiste à réduire l'intervention de l'homme dans le processus de fabrications. Elle est très importante dans le domaine industriel auquel elle apporte à la fois des solutions, comme elle réduit le cout de l'installation et assure une grande précision.

Dans ce chapitre on va présenter les systèmes automatisés, puis on va donner une description générale sur les automates programmables industriels API, comme nous allons élaborer les cahiers des charges des deux boucles du système et leurs GRAFCET, enfin on termine par la présentation des caractéristiques de l'automate S7-300 de SIEMENS.

III.2 Système automatisé de production (SPA)

III.2.1 Fonction Globale d'un Système

La fonction globale de tout système (voire figure III.1) est de conférer une valeur ajoutée, à un ensemble de matières d'œuvre dans un processus. De plus, un système de production est dit « industriel » si l'obtention de cette valeur ajoutée, pour un ensemble de matières d'œuvre donné, a un caractère reproductible et peut être exprimée et quantifiée en termes économiques [12].

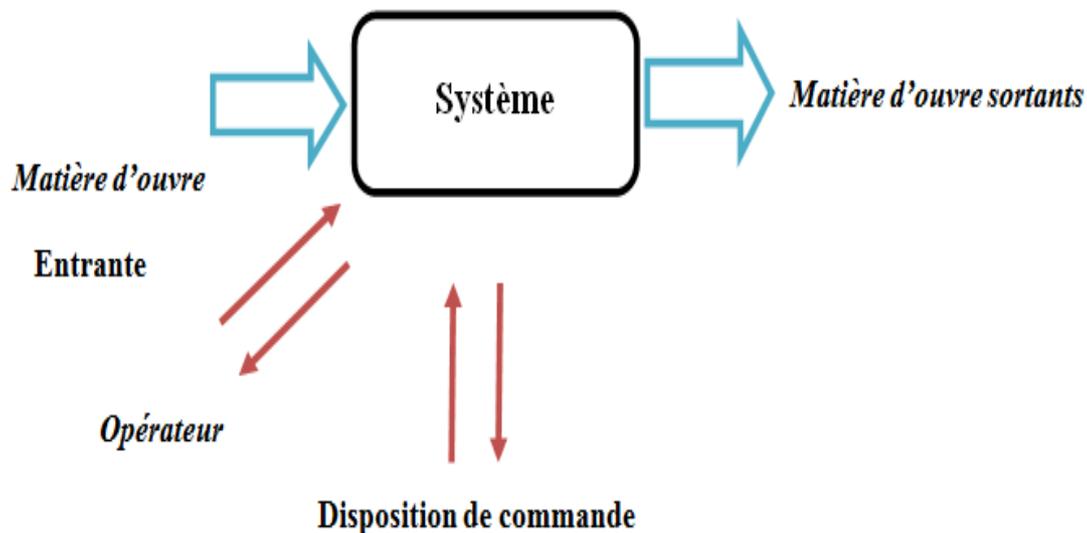


Figure III.1 : Fonction globale d'un système.

III.2.2 Définition de l'automatisation

L'automatisation de la production consiste à transférer tout ou une partie des tâches de coordination, auparavant exécutées par des opérateurs humains, dans un ensemble d'objets techniques appelé partie commande. Elle exploite un ensemble d'informations prélevées sur la Partie Opérative pour élaborer la succession des ordres nécessaires pour obtenir les actions souhaitées [12].

III.2.3 Les avantages et les inconvénients d'un système automatisé

III.2.3.1 Les avantages

- Moins de câblage interne
- Réalisation des modifications facile
- Facilite la maintenance
- La souplesse d'utilisation
- La création de postes d'automaticiens

III.2.3.2 Les inconvénients

- Besoin de formation.
- La maintenance doit être structurée.
- La suppression d'emplois [19].

III.2.4 Structure d'un système automatisé

Partie commande

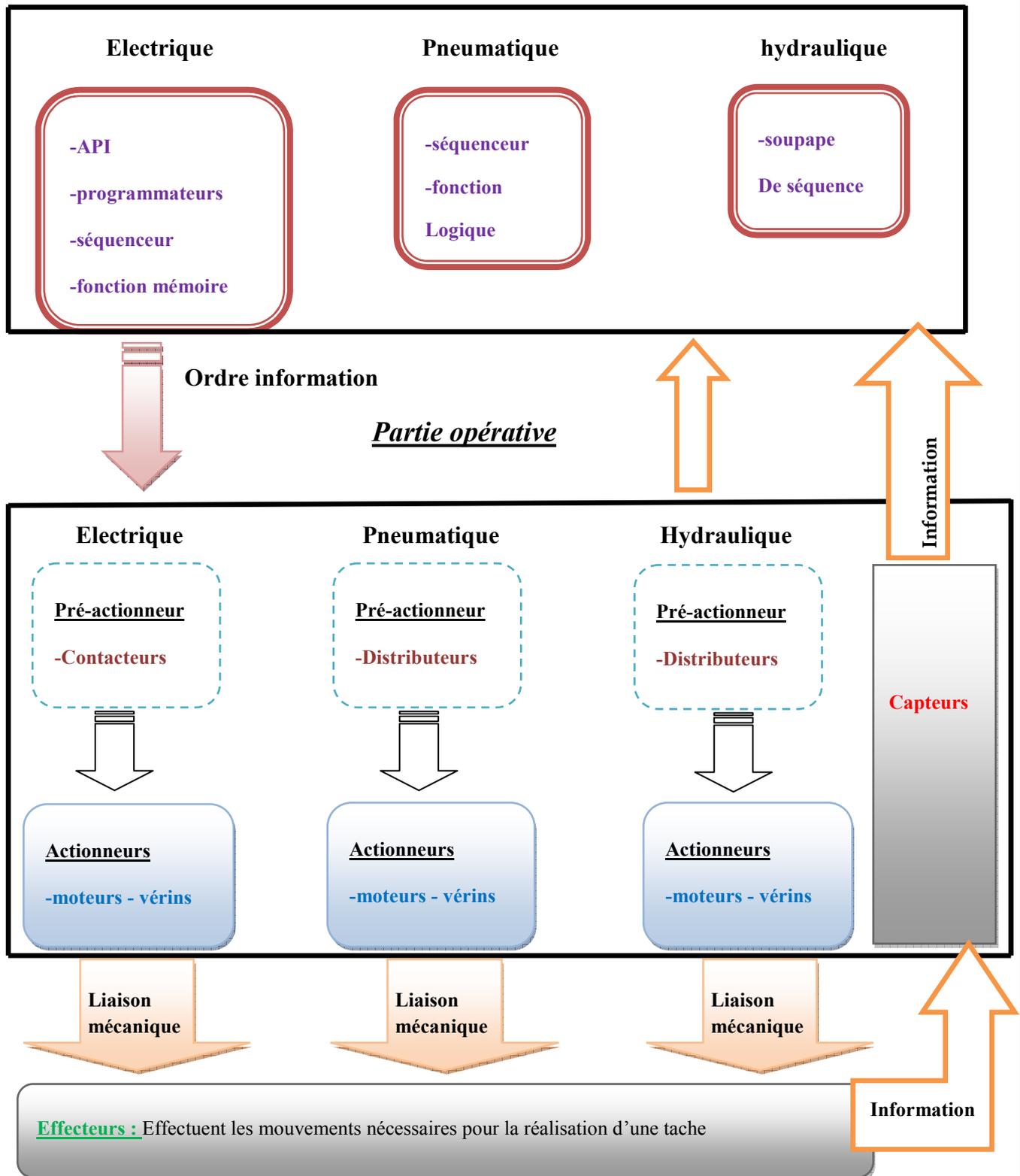


Figure III.2 : Structure d'un système automatisé de production.

III.2.5 Description des différentes parties [13] [14]

Tout système automatisé comporte:

III.2.5.1 la Partie opérative (PO)

C'est la partie visible du système. Elle comporte les éléments mécaniques du mécanisme avec :

- Des pré-actionneurs, qui reçoivent des ordres de la partie commande.
- Des actionneurs qui ont pour rôle d'exécuter ces ordres. Ils transforment l'énergie pneumatique, hydraulique ou électrique en énergie mécanique.
- Des capteurs qui informent la partie commande de l'exécution du travail.

III.2.5.2 La partie commande (PC)

La partie commande se compose de quatre ensembles :

- Les interfaces d'entrée qui transforment les informations issues des capteurs placés sur la partie opérative ou dans la partie dialogue.
- Les interfaces de sortie qui transforment les informations élaborées par l'unité de traitement en informations de nature et d'amplitude compatibles.
- Les pré-actionneurs qui sont directement dépendants des actionneurs et qui sont nécessaires à leur fonctionnement.
- L'unité de traitement qui élabore les ordres destinés aux actionneurs en fonction des informations reçues des différents capteurs et du fonctionnement à réaliser.

III.2.5.3 La partie relation PR (partie dialogue)

La partie dialogue se compose de deux ensembles :

- Les visualisations et avertisseurs qui transforment les informations fournies par l'automate en informations perceptibles par l'homme (informations optiques ou sonores).
- Les capteurs qui transforment les informations fournies par l'homme (action manuelle sur un bouton-poussoir, par exemple) en informations exploitables par l'automate.

III.2.6 Objectifs de l'automatisation

L'automatisation permet d'apporter des éléments supplémentaires à la valeur ajoutée par le système. Ces éléments sont exprimables en termes objectifs par :

- ✓ Accroître la productivité du système c'est-à-dire augmenté la quantité de produits élaborés pendant une durée donnée.
- ✓ Améliorer la flexibilité de production.
- ✓ Augmenter la sécurité [12].

III.2.7 Sécurité et surveillance d'un système automatisé

L'automate fait l'objet de nombreuses dispositions pour assurer la sécurité :

- ✓ L'automate est conçu pour supporter les différentes contraintes du monde industriel et il a fait l'objet de nombreux tests normalisés.
- ✓ L'automate est conçu pour supporter les coupures d'alimentation et permet d'assurer un fonctionnement correct lors de la réalimentation.
- ✓ Seul un technicien peut mettre en marche ou arrêter un automate et la remise en marche se fait

par une procédure d'initialisation (programmée).

- ✓ Procédures d'autocontrôle des mémoires, de l'horloge, de la batterie, de la tension d'alimentation et des entrées / sorties, et enclenchement d'une procédure d'alarme en cas de dépassement de celui-ci [12] [18].
- ✓ Les automates offrent un écran de visualisation où l'on peut voir l'évolution des entrées /sorties.

III.2.8 Nature des informations traitées par l'automate

Les informations peuvent être de type :

- Tout ou rien (T.O.R.) : l'information ne peut prendre que deux états (vrai/faux, 0 ou 1 ...). C'est le type d'information délivrée par un détecteur, un bouton poussoir.
- Analogique : l'information est continue et peut prendre une valeur comprise dans une plage bien déterminée. C'est le type d'information délivrée par un capteur.
- Numérique : l'information est contenue dans des mots codés sous forme binaire ou bien hexadécimale. C'est le type d'information délivrée par un ordinateur ou un module intelligent.

III.3 Les automates programmables industrielles (API)

III.3.1 Définition d'un API

Un automate programmable est un appareil électronique programmable par un utilisateur automaticien (non informaticien) et destiné à piloter en environnement industriel et en temps réel des machines ou processus logiques séquentiels ou combinatoires [16].

III.3.2 Fonction d'un API

Les API sont conçus pour traiter par programme des problèmes de logique combinatoire ou séquentielle afin de remplacer la commande en logique câblée à base de relais ou de circuits logiques et pour fonctionner en milieu industriel, avec des interfaces d'entrées et de sorties respectivement adaptées. Tous les automates fonctionnent selon le même mode opératoire [15].

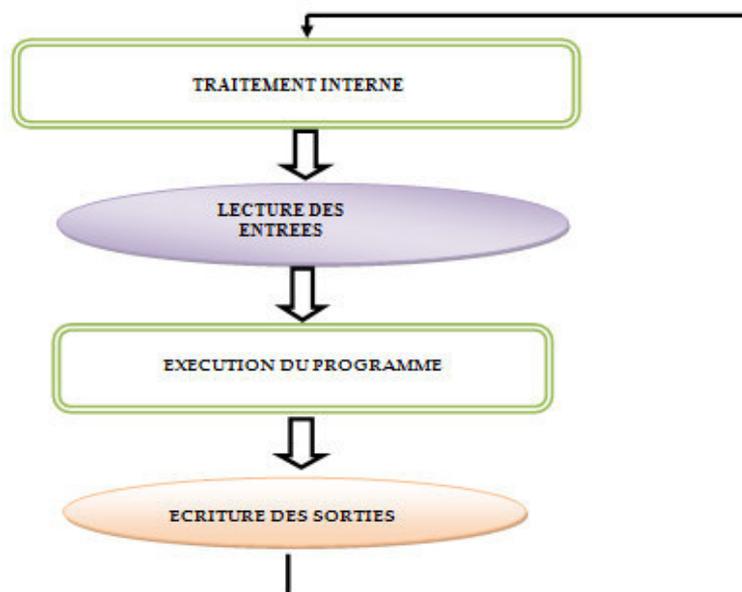


Figure III.3 : Cycle d'un API [16].

III 3.3 Structure des API

De manière générale, un API est structuré autour de plusieurs éléments de base qui sont :

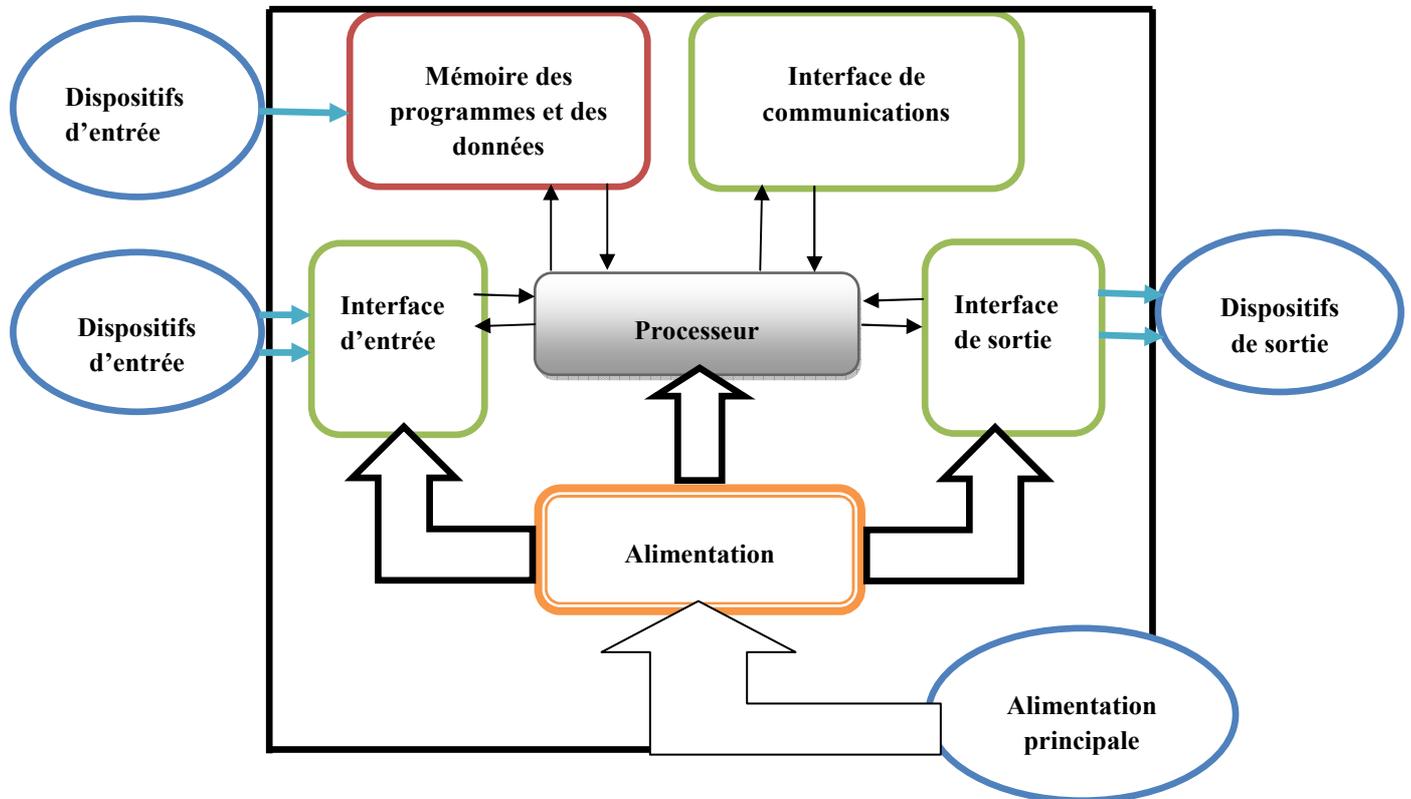


Figure III.4 : Structure interne d'un API [18].

- A. Le processeur ou unité central de traitement(CPU) : contient le microprocesseur, la CPU interprète les signaux d'entrée et effectue les actions de commande conformément au programme stocké en mémoire.
- B. L'unité d'alimentation : elle est indispensable puisqu'elle convertit une tension alternative en une basse tension continue (5V) nécessaire au processeur et aux modules d'entrées –sortie
- C. Le périphérique de programmation : il 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.
- D. La mémoire : contient le programme qui définit les actions de commande effectuées par le microprocesseur. Elle contient également les données qui proviennent des entrées en vue de leur traitement, ainsi que celles des sorties.
- E. Les interfaces d'entrées-sorties : permettant au processeur de recevoir et d'envoyer des informations aux dispositifs extérieurs.
- F. L'interface de communication : elle est utilisée pour recevoir et transmettre des données sur des réseaux de communication qui relient l'API distants (voire figure ci-dessus). 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 [18].

III.3.4 Type de forme des automates programmables industriels (API) [18]

III.3.4.1 Type compact

Le modèle coffret est souvent utilisé pour les petits automates programmables et correspond à un système compact complet équipé des unités d'alimentation, de processeur, de mémoire et d'entrées-sorties. Les automates compacts permettent de commander des sorties en T.O.R et gèrent parfois des fonctions de comptage et de traitement analogique.

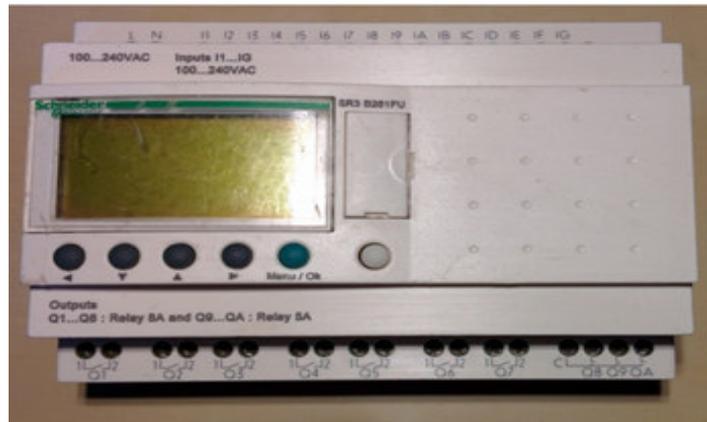


Figure III.5 : Automate programmable, type compact.

III.3.4.2 Type modulaire

Le modèle modulaire est constitué de modules séparés pour l'alimentation, souvent montés sur des rails dans une armoire métallique. Ce type de système peut être employé pour toutes les tailles d'automates programmables et les différentes unités fonctionnelles sont fournies sous forme de modules individuels qui se branchent à des prises sur un rack de base.



Figure III.6: Automate programmable, type modulaire (SIEMENS).

III.3.5 Domaine d'application

Les automates programmables se sont répandus dans tous les secteurs de l'industrie: aéronautiques, automobile, monétique, chemin de fer, électroménager, manutention...etc. Ils sont utilisés dans tous ces secteurs industriels pour la commande des machines (convoyage, emballage ...), ou des chaînes de production (automobile, agroalimentaire, ...), comme ils peuvent également assurer des fonctions de régulation de processus (pétrole, métallurgie, chimie ...). Ils sont de plus en plus utilisés dans le domaine du bâtiment tertiaire et industriel (pour le contrôle du chauffage, de l'éclairage, de la sécurité et des alarmes) [19].

III.3.6 Critère de choix d'un automate

La possession d'un logiciel de programmation est aussi source d'économies (achat du logiciel et formation du personnel). Des outils permettant une simulation des programmes sont également souhaitables, Il faut ensuite quantifier les besoins :

- Nombre d'entrées / sorties : le nombre de cartes peut avoir une incidence sur le nombre de racks dès que le nombre d'entrées / sorties nécessaires devient élevé, pour notre système nous avons utilisé :
 - 80 entrées TOR.
 - 42 sorties TOR.
 - 5 entrées analogiques.
 - 2 sorties analogiques.
- Type de processeur : la taille mémoire, la vitesse de traitement (pour notre CPU : 32Ko; 0,1ms/kinst respectivement).
- Fonctions ou modules spéciaux : certaines cartes permettront de "soulager" le processeur et devront offrir les caractéristiques souhaitées.
- Fonctions de communication : l'automate doit pouvoir communiquer avec les autres systèmes de commande (API, supervision,...) et offrir des possibilités de communication avec des standards normalisés (Profibus, ...).
- Des possibilités d'extension en termes d'entrées sorties.
- Une programmation qui offre un langage destinée à l'automaticien [12].

III.3.7 Langages de programmation pour API

Il existe cinq 5 langages de programmation pour les automates qui sont normalisés au plan mondial par la norme CEI 1131-3, qui sont : Liste d'instructions (IL : Instruction liste), Langage littéral structuré ST, Langage à contacts LD, Langage LOG et langage GRAFCET. Chaque automate se programme via une console de programmation propriétaire ou par un ordinateur équipé du logiciel constructeur spécifique.

III.4 Langage GRACET

Est un diagramme fonctionnel dont le but est de décrire les relations entre les sorties et les entrées booléennes du système de commande, suivant un cahier de charge.

III.4.1 Les éléments de base d'un GRAFCET

- * Une liaison orientée : relie les étapes aux transitions et les transitions aux étapes.
- * Une transition: permet le passage d'une étape à une autre. Elle n'est que logique.
- * les actions : sont associées à une étape ne sont effectives que lorsque l'étape est active, il existe deux types, une action continue et action continue conditionnelle.
- * Une réceptivité : généralement c'est une expression booléenne de l'état des capteurs.
- * Une étape : situation du cycle de fonctionnement pendant laquelle le comportement de l'automatisme de commande demeure constant, tout le changement de comportement provoque le passage d'une étape à l'autre, une étape peut être soit active ou inactive [16].

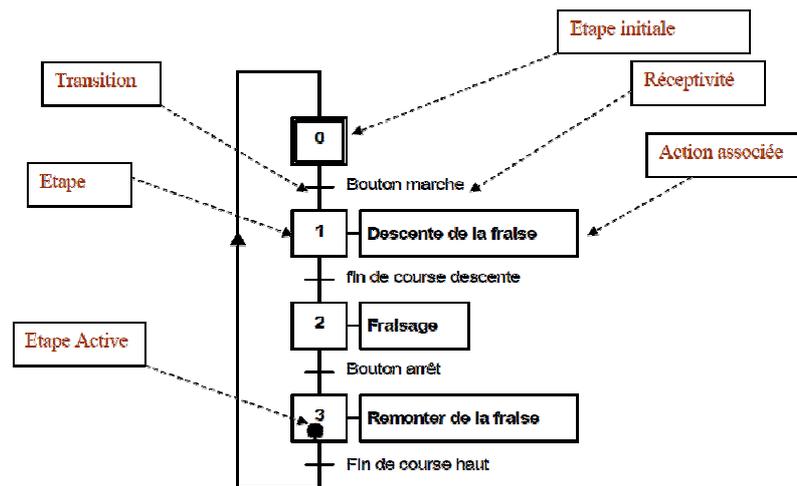


Figure III.7 : Concepts de base d'un GRAFCET [16].

III.4.2 Les différents types de GRAFCET

Il ya deux types de représentations :

❖ La représentation de niveau 1

Elle donne une interprétation de la solution retenue pour un problème posé. Elle permet une compréhension globale du système.

❖ La représentation de niveau 2

Elle donne une interprétation en tenant compte des choix technologique relatifs à la partie de commande de l'automatisme, l'aspect fonctionnel du cahier de charge, la nature des capteurs utilisés.

III.4.3 Règles du GRAFCET

- R1. Situation initial
- R2. Franchissement d'une transition
- R3. Evolution des étapes actives
- R4. Transitions simultanées
- R5. Activation et désactivation simultanées

III.4.4 Structure de base d'un GRAFCET [16]

Nous pouvons avoir dans un cycle machine complet avec des séquences simultanées ou des choix de séquence.

III.4.4.1 Divergence et convergence en ET

Divergence en ET : représentation par 2 trait identique parallèle, lorsque la transition A est franchie les étapes 21 et 23 sont active (voire la figure III.8). Convergence en ET : la transition D sera active lorsque les étapes 22 et 24 seront active, si la réceptivité associée à la transition D est vrai alors elle est franchie et l'étape 25 devient active et désactive les étapes 22 et 24 (voire la figure III.8).

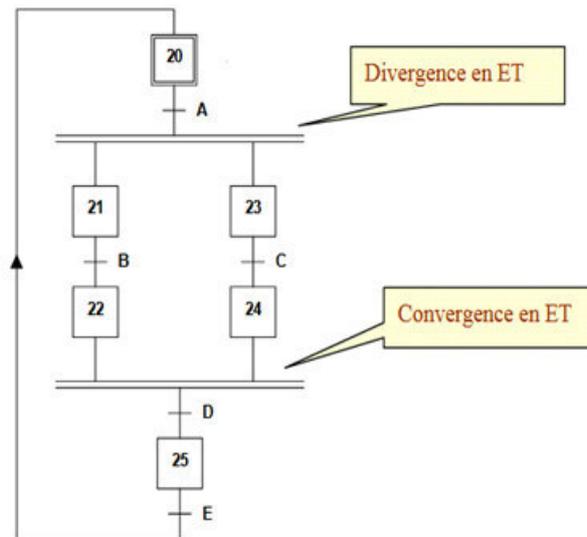


Figure III.8 : Divergence et convergence en ET.

III.4.4.2 Divergence et convergence en OU

Divergence en OU : l'évolution du système se dirige vers l'une des branches en fonction des réceptivités A1, B1 et de leur transitions associées (voire la figure III.9).

Convergence en OU : après une divergence en OU on trouve une convergence en OU qui mène vers une étape commune dans l'exemple l'étape 35 (voire la figure III.9). A1, B1 ne peuvent pas être vraie simultanément.

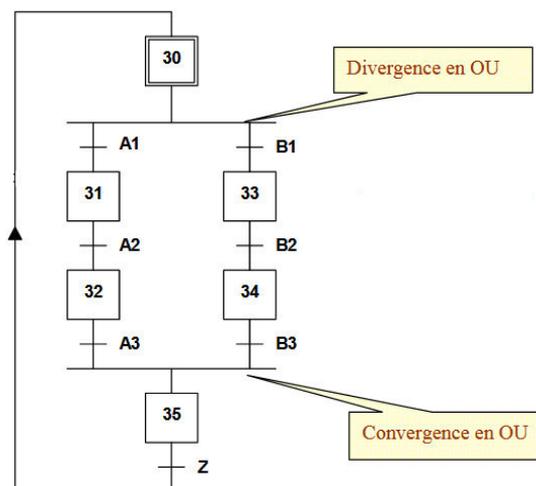


Figure III.9 : Divergence et convergence en OU.

III.4.4.3 Reprise et saut d'étape

Le saut d'étape permet de sauter une ou plusieurs étapes en fonction de la progression d'un cycle. La reprise d'étape permet de ne pas continuer le cycle mais de reprendre une séquence précédente lorsque les actions à réaliser sont répétitives (voire la figure 10).

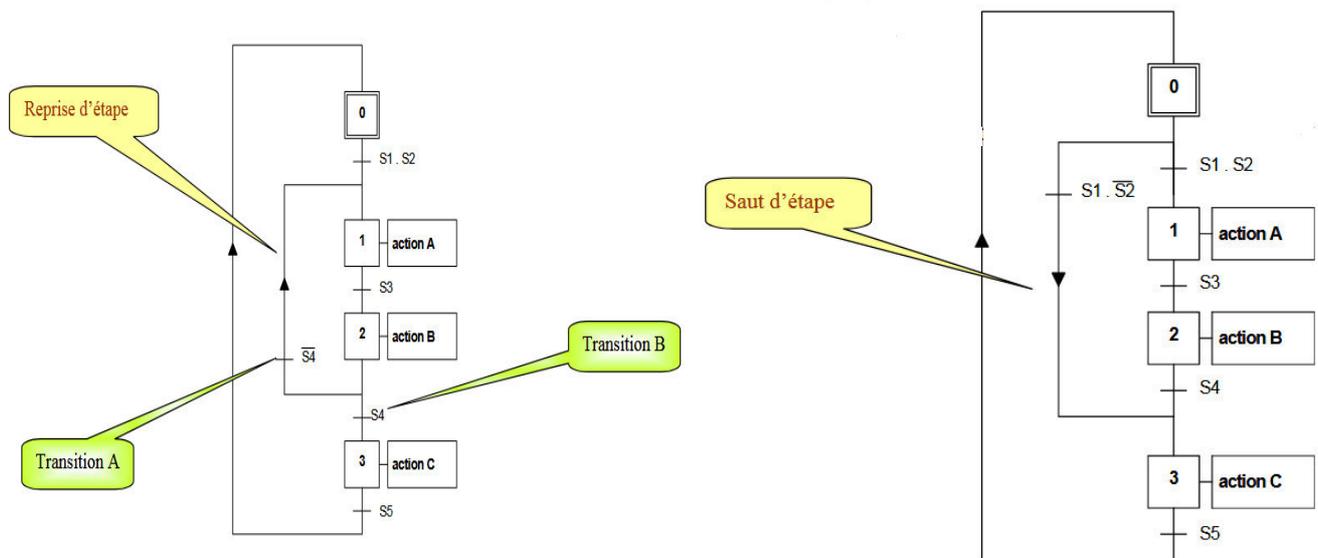


Figure III.10 : Reprise et saut d'étape dans le GRAFCET.

III.4.5 Les cahier des charges du GRAFCET

➤ Le cahier de charge de la première boucle

Pour le démarrage de cette boucle on doit remplir le bac Hotwell et bac d'eau usée jusqu'au (NH). Après 2s d'ouverture de la vanne de refoulement (YV6), la vanne d'aspiration (YV5) s'ouvre et entraîne le démarrage de la pompe P1 après 2s, qui envoie l'eau du bac d'eau usée vers les condenseurs. Après le démarrage de la pompe P1 la vanne de refoulement (YV2) s'ouvre, la vanne d'aspiration (YV1) s'ouvre après une attente de 2s, la pompe P2 est mise en service après 2s de l'ouverture de (YV1), cette pompe refoule l'eau du bac Hotwell vers le bac d'eau usée en passant par la tour de refroidissement. La permutation entre les pompes en parallèles se fait en cas de défaut de l'une des deux pompes. La vanne de refoulement et d'aspiration se ferme après 5s de la mise en arrêt de leur pompe correspondante. Le variateur de vitesse contrôle les pompes P2 ou PS2, pour garder un niveau proche à la consigne (70% de la hauteur du bac d'eau usée).

Les pompes P1, PS1 s'arrêtent lorsque la condition suivante est vérifiée:

- Signalisation de défaut dans la pompe.

Les pompes P2, PS2 s'arrêtent lorsque l'une de ces conditions suivantes est vérifiée:

- Signalisation de défaut dans la pompe.
- Présence niveau haut dans le bac d'eau usée.

La boucle est mise hors service lorsque l'une de ces conditions suivantes est vérifiée :

- Présence du niveau bas dans le bac Hotwell ou dans le bac d'eau usée.
- Détection d'une fuite dans la le circuit de la boucle, par un capteur de pression CP2 ou CP1.

❖ Le GRAFCET associé au cahier de charge de la première boucle est représenté dans **l'annexe 2**

➤ Le cahier de charge de la deuxième boucle

Pour le démarrage de la deuxième boucle on doit remplir la cuve d'eau barométrique (NHCEB), la cuve d'eau glycolée partie eau chaude (NHCEGC), absence du NB dans la cuve CP et la cuve NAOH. On sélectionne d'abord deux échangeurs parmi les trois, le démarrage de la pompe P6 qui assure le refroidissement de l'eau glycolée par le Chiller entraîne le démarrage de la pompe P3 et la pompe P7

qui assurent l'envoi d'eau barométrique et l'eau glycolée respectivement vers les échangeurs afin de diminuer la température de l'eau barométrique.

Le démarrage de la pompe P4 est conditionnée par la mise en service de l'une des deux pompes P3 (PS3) et aussi par le degré de $PH < 8$.

Le variateur de vitesse contrôle la pompe P4, pour maintenir un $PH = 8$.

La pompe P5 est mise en marche lors de l'arrêt d'un échangeur (entre en CP) qui est causé par l'augmentation de la température ($TS > 6^{\circ}C$) dans sa sonde, après une attente de 30 mn la pompe P5 est mise hors service.

La permutation entre les pompes P3 (PS3) se fait en cas de défaut de l'une des deux pompes. La vanne de refoulement et d'aspiration se ferme après 5s de la mise en arrêt de leur pompe correspondante.

Le démarrage des pompes s'effectue après une attente de 2s de leurs vannes d'aspiration, ces dernières s'ouvrent après 2s des vannes de refoulement.

La pompe P6 s'arrête lorsque l'une de ces conditions suivantes est vérifiée:

- Présence du niveau bas dans la cuve d'eau glycolée partie chaude.
- Présence du niveau haut dans la cuve d'eau glycolée partie froide.
- Signalisation de défaut dans la pompe.

La pompe P7 s'arrête lorsque l'une de ces conditions suivantes est vérifiée:

- Signalisation de défaut dans la pompe.
- Fermeture des vannes d'eau froide VG1, VG2, VG3 vers les échangeurs.

Les pompes P3, PS3 s'arrêtent lorsque l'une de ces conditions suivantes est vérifiée:

- Signalisation de défaut dans la pompe.
- Fermeture des vannes entrées/sorties des échangeurs (V1 V2), (V3 V4), (V5 V6).

La pompe P4 s'arrête lorsque l'une de ces conditions suivantes est vérifiée:

- Présence du niveau bas dans la cuve NAOH.
- L'augmentation du degré de $PH = 8$ des eaux barométriques.
- Les pompes P3 et PS3 en arrêt.
- Signalisation de défaut dans la pompe.

La pompe P5 s'arrête lorsque l'une de ces conditions suivantes est vérifiée:

- Signalisation de défaut dans la pompe.
- Présence du niveau bas dans la cuve CP.
- Fermeture des vannes d'entrées VC1, VC2, VC3 des échangeurs pour le CP.

La boucle est mise hors service lorsque l'une de ces conditions suivantes est vérifiée:

- Détection d'une fuite dans la boucle, par un capteur de pression CP3.
- Présence du niveau bas dans la cuve eau barométrique.
- Présence du niveau bas dans la cuve eau glycolée partie froide.

- ❖ Le GRAFCET associé au cahier de charge de la deuxième boucle est représenté dans **l'annexe 3**
- ❖ Les GRAFCET du fonctionnement général d'une pompe et d'une vanne est représenté dans **l'annexe 4**

III.4.6 Tables de la nomenclature du GRAFCET

A. Table de la nomenclature pour une pompe

➤ Actions

Le tableau suivant résume les actions et leur signification associées au GRAFCET de fonctionnement d'une pompe.

Actions	Significations
MPX	La pompe X est mise en service
APX	La pompe X est mise en arrêt

Tableau III.1 : Les actions et les significations associées au GRAFCET du fonctionnement d'une pompe.

➤ Réceptivités

Le tableau suivant résume les réceptivités et leur signification associées au GRAFCET de fonctionnement d'une pompe.

Réceptivités	Significations
AL	Signalisation d'une alarme
CMA	Les conditions de marche automatique
CAA	Les conditions d'arrêt automatique
CMM	Les conditions de marche manuelle
CAM	Les conditions d'arrêt manuel
RSPX	Présence de retour signal d'une pompe X

Tableau III.2 : Les réceptivités et les significations associées au GRAFCET du fonctionnement d'une pompe.

B. Table de la nomenclature pour une vanne

➤ Actions

Le tableau suivant résume les actions et leur signification associées au GRAFCET de fonctionnement d'une vanne.

Actions	Significations
OVX	Ouverture d'une vanne X
FVX	Fermeture d'une vanne X

Tableau III.3 : Les actions et les significations associées au GRAFCET de fonctionnement d'une vanne.

➤ Réceptivités

Le tableau suivant résume les réceptivités et leur signification associées au GRAFCET de fonctionnement d'une vanne.

Réceptivités	Significations
COA	Les conditions d'ouverture automatique
COM	Les conditions d'ouverture manuelle
CFA	Les conditions de fermeture automatique
CFM	Les conditions de fermeture manuelle
RSOVX	Retour signal ouvert d'une vanne X
RSFVX	Retour signal fermé d'une vanne X

Tableau III.4 : Les réceptivités et les significations associées au GRAFCET de fonctionnement d'une vanne.

C. Table de la nomenclature pour la première boucle

➤ Actions

Le tableau suivant résume les actions et leur signification associées au GRAFCET de la première boucle des eaux barométriques.

Actions	Significations
YV8	Ouverture de la vanne de refoulement de la pompe PS1
YV7	Ouverture de la vanne d'aspiration de la pompe PS1
PS1	La pompe de secoure 1 en marche
YV6	Ouverture de la vanne de refoulement de la pompe P1
YV5	Ouverture de la vanne d'aspiration de la pompe P1
P1	La pompe 1 en marche
YV4	Ouverture de la vanne de refoulement de la pompe PS2
YV3	Ouverture de la vanne d'aspiration de la pompe PS2
PS2	La pompe de secoure 2 en marche
YV2	Ouverture de la vanne de refoulement de la pompe P2
YV1	Ouverture de la vanne d'aspiration de la pompe P2
P2	La pompe 2 en marche

Tableau III.5 : Les actions et les significations associées au GRAFCET de la première boucle.

➤ Réceptivités

Le tableau suivant résume les réceptivités associées au GRAFCET de la première boucle des eaux barométrique.

Réceptivités	Significations
NHBHT	Présence niveau haut dans le bac HOTWELL
RSFYV6	Retour signale fermé de la vanne de refoulement de pompe1
DFP1	signalisation de défaut dans la pompe1
RSOYV8	Retour signal ouvert de la vanne de refoulement de la pompe de secoure1
RSPS1	Retour signal de la pompe de secoure1
RSOYV7	Retour signal ouvert de la vanne d'aspiration de la pompe de secoure1
NBBEU	Présence niveau bas dans le bac eau usée
CP2	Manque de la pression d'eau détecté par un capteur de pression 2
RSFYV7	Retour signal fermé de la vanne d'aspiration de la pompe de secoure1
RSFYV8	Retour signal fermé de la vanne de refoulement de la pompe de secoure1
RSOYV6	Retour signal ouvert de la vanne de refoulement de la pompe1
RSOYV5	Retour signal ouvert de la vanne d'aspiration de la pompe1
RSFYV5	Retour signal fermé de la vanne d'aspiration de la pompe1
RSFYV6	Retour signal fermé de la vanne de refoulement de la pompe1
RSP1	Retour signal de la pompe1
DFPS1	Signalisation de défaut dans la pompe de secoure1
RSFYV2	Retour signal fermé de la vanne de refoulement de la pompe2
DFP2	Signalisation de défaut dans la pompe2
RSFYV4	Retour signal fermé de la vanne de refoulement de la pompe de secoure2
DFPS2	Signalisation de défaut dans la pompe de secoure2
CP1	Manque de la pression d'eau détecté par un capteur de pression 1
NV<C	L'indication de niveau NV<70
NV>C	L'indication de niveau NV>70
RSPS2	Retour signal de la pompe de secoure2
RSFYV3	Retour signal fermé de la vanne d'aspiration de la pompe de secoure2
RSOYV4	Retour signal ouvert dans la vanne de refoulement de la pompe de secoure2

RSOYV3	Retour signal ouvert dans la vanne d'aspiration de la pompe de secoure2
RSFYV1	Retour signal fermé de la vanne d'aspiration de la pompe2
RSOYV2	Retour signal ouvert de la vanne de refoulement de la pompe2
RSOYV1	Retour signal ouvert de la vanne d'aspiration de la pompe2
RSP2	Retour signal de la pompe2

Tableau III.6 : Les réceptivités et les significations associées au GRAFCET de la première boucle.

D. Table de la nomenclature pour la deuxième boucle

➤ Actions

Le tableau suivant résume les actions et leur signification associées au GRAFCET de la deuxième boucle des eaux barométrique.

Actions	Significations
YV15	Ouverture de la vanne de refoulement de la pompe 6
YV16	Ouverture de la vanne d'aspiration de la pompe 6
P6	La pompe 6 en marche
V1	Ouverture de la vanne d'entrée de l'échangeur W1
V2	Ouverture de la vanne de sortie t de l'échangeur W1
VG1	Ouverture de la vanne d'eau froide vers l'échangeur W1
VG2	Ouverture de la vanne d'eau froide vers l'échangeur W2
V3	Ouverture de la vanne d'entrée de l'échangeur W2
V4	Ouverture de la vanne de sortie de l'échangeur W2
V5	Ouverture de la vanne d'entrée de l'échangeur W3
V6	Ouverture de la vanne de sortie de l'échangeur W3
VG3	Ouverture de la vanne d'eau froide vers l'échangeur W3
VC1	Ouverture de la vanne d'entrée de l'échangeur W1 pour le CP
VC2	Ouverture de la vanne de sortie de l'échangeur W1 pour le CP
VC3	Ouverture de la vanne d'entrée de l'échangeur W2 pour le CP
VC4	Ouverture de la vanne de sortie de l'échangeur W2 pour le CP
VC5	Ouverture de la vanne d'entrée de l'échangeur W3 pour le CP
VC6	Ouverture de la vanne de sortie de l'échangeur W3 pour le CP

YV14	Ouverture de la vanne de refoulement de la pompe 5
YV13	Ouverture de la vanne d'aspiration de la pompe 5
P5	La pompe 5 en marche
YV18	Ouverture de la vanne de refoulement de la pompe 7
YV17	Ouverture de la vanne d'aspiration de la pompe 7
P7	La pompe 7 en marche
YV19	Ouverture de la vanne de refoulement de la pompe 4
YV20	Ouverture de la vanne d'aspiration de la pompe 4
P4	La pompe 4 en marche
YV10	Ouverture de la vanne de refoulement de la pompe 3
YV9	Ouverture de la vanne d'aspiration de la pompe 3
P3	La pompe 3 en marche
YV11	ouverture de la vanne d'aspiration de la pompe de secoure 3
YV12	Fermeture de la vanne de refoulement de la pompe de secoure 3
PS3	La pompe de secoure 3 en marche

Tableau III.7 : Les actions et les significations associées au GRAFCET de la deuxième boucle.

➤ **Réceptivités**

Le tableau suivant résume les réceptivités associées au GRAFCET de la deuxième boucle des eaux barométrique.

Réceptivités	Significations
NBCEGC	Présence du niveau bas dans la cuve eau glycolée partie chaude
NHCEGF	Présence du niveau bas dans la cuve eau glycolée partie froide
DFP6	Signalisation de défaut dans la pompe 6
RSFYV15	Retour signal Fermé de la vanne de refoulement de la pompe 6
RSFYV16	Retour signal Fermé de la vanne d'aspiration de la pompe 6
NHCEGC	Présence du niveau haut dans la cuve eau glycolée partie chaude
NHCEB	Présence du niveau haut dans la cuve eau barométrique
RSOYV15	Ouverture de la vanne de refoulement de la pompe 6
RSOYV16	Ouverture de la vanne d'aspiration de la pompe 6
RSP6	Retour signal de la pompe 6
W1	L'échangeur W1 en service
W2	L'échangeur W2 en service

W3	L'échangeur W3 en service
RSOV1	Retour signal ouvert de la vanne d'entrée de l'échangeur W1
RSOV2	Retour signal ouvert de la vanne de sortie de l'échangeur W1
RSOV3	Retour signal ouvert de la vanne d'entrée de l'échangeur W2
RSOV4	Retour signal ouvert de la vanne de sortie de l'échangeur W2
RSOVG1	Retour signal ouvert de la vanne d'eau froide vers l'échangeur W1
RSOVG2	Retour signal ouvert de la vanne d'eau froide vers l'échangeur W2
RSOV5	Retour signal ouvert de la vanne d'entrée de l'échangeur W3
RSOV6	Retour signal ouvert de la vanne de sortie de l'échangeur W3
RSOVG3	Retour signal ouvert de la vanne d'eau froide vers l'échangeur W3
CP3	Manque de la pression d'eau détecté par un capteur de pression 3
NBCEB	Présence du niveau bas dans la cuve eau barométrique
NBCEGF	Présence du niveau bas dans la cuve eau glycolée partie froide
TS1>6°C	L'indication de température par la sonde 1 TS1>6°C
TS2>6°C	L'indication de température par la sonde 2 TS2>6°C
TS3>6°C	L'indication de température par la sonde 3 TS3>6°C
RSOVC1	Retour signal ouvert de la vanne d'entrée de l'échangeur W1 pour le CP
RSOVC2	Retour signal ouvert de la vanne de sortie de l'échangeur W1 pour le CP
RSOVC3	Retour signal ouvert de la vanne d'entrée de l'échangeur W2 pour le CP
RSOVC4	Retour signal ouvert de la vanne de sortie de l'échangeur W2 pour le CP
RSOVC5	Retour signal ouvert de la vanne d'entrée de l'échangeur W3 pour le CP
RSOVC6	Retour signal ouvert de la vanne de sortie de l'échangeur W3 pour le CP
RSOYV14	Retour signal ouvert de la vanne de refoulement de la pompe 5
RSOYV13	Retour signal ouvert de la vanne d'aspiration de la pompe 5
RSP5	Retour signal de la pompe 5
RSFYV14	Retour signal fermé de la vanne de refoulement de la pompe 5
RSFYV13	Retour signal fermé de la vanne de refoulement de la pompe 5
RSFYVG1	Retour signal fermé de la vanne d'eau froide vers l'échangeur W1
RSFYVG2	Retour signal fermé de la vanne d'eau froide vers l'échangeur W2
RSFYVG3	Retour signal fermé de la vanne d'eau froide vers l'échangeur W3
DFP7	Signalisation de défaut dans la pompe 7
RSFYV17	Retour signal fermé de la vanne d'aspiration de la pompe 7

RSFYV18	Retour signal fermé de la vanne de refoulement de la pompe 7
RSOYV18	Retour signal ouvert de la vanne de refoulement de la pompe 7
RSOYV17	Retour signal ouvert de la vanne d'aspiration de la pompe 7
RSP7	Retour signal de la pompe 7
NBCNAOH	Présence du niveau bas cuve NAOH
PH<C	L'indication de PH<8
PH>C	L'indication de PH>8
RSFYV20	Retour signal fermé de la vanne d'aspiration de la pompe 4
RSFYV19	Retour signal fermé de la vanne de refoulement de la pompe 4
RSPS3	Retour signal de la pompe de secoure 3
RSP3	Retour signal de la pompe 3
RSOYV19	Retour signal ouvert de la vanne de refoulement de la pompe 4
RSOYV20	Retour signal ouvert de la vanne d'aspiration de la pompe 4
RSP4	Retour signal de la pompe 4
RSFYV12	Retour signal fermé de la vanne de refoulement de la pompe de secoure 3
DFPS3	Signalisation de défaut dans la pompe de secoure 3
RSOYV10	Retour signal ouvert de la vanne de refoulement de la pompe 3
RSOYV9	Retour signal ouvert de la vanne d'aspiration de la pompe 3
DFP3	Signalisation de défaut dans la pompe 3
RSFYV9	Retour signal fermé de la vanne d'aspiration de la pompe 3
RSFYV10	Retour signal fermé de la vanne de refoulement de la pompe 3
RSOYV12	Retour signal ouvert de la vanne de refoulement de la pompe de secoure 3
RSOYV11	Retour signal ouvert de la vanne d'aspiration de la pompe de secoure 3
RSFYV11	Retour signal fermé de la vanne d'aspiration de la pompe de secoure 3
DFP5	Signalisation de défaut dans la pompe P5
RSFV1	Retour signal fermé de la vanne d'entré de l'échangeur W1
RSFV2	Retour signal fermé de la vanne de sortie de l'échangeur W1
RSFV3	Retour signal fermé de la vanne d'entré de l'échangeur W2
RSFV4	Retour signal fermé de la vanne de sortie de l'échangeur W2
RSFV5	Retour signal fermé de la vanne d'entré de l'échangeur W3
RSFV6	Retour signal fermé de la vanne de sortie de l'échangeur W3

Tableau III.8 : Les réceptivités et les significations associées au GRAFCET de la deuxième boucle.

III.5 Automate SIMATIC S7-300

III.5.1 Présentation de la gamme SIMATIC de SIEMENS

Siemens reste le seul à proposer une gamme complète de produits pour l'automatisation industrielle, par le biais de sa gamme SIMATIC. L'intégration globale de tout l'environnement d'automatisation est réalisée grâce à une communication globale entre tous les équipements d'automatisme mis en œuvre, et une gestion cohérente des données.

III.5.2 Définition de l'automate S7-300 de SIEMENS

C'est un automate modulaire haute gamme très utilisé dans les industries de transformation. Il a la possibilité d'extensions jusqu'à 32 modules, et une mise en réseau par l'interface multipoint (MPI), Profibus et Industriel Ethernet.



Figure III.11: L'automate S7-300.

III.5.3 Présentation des modules de l'automate S7-300

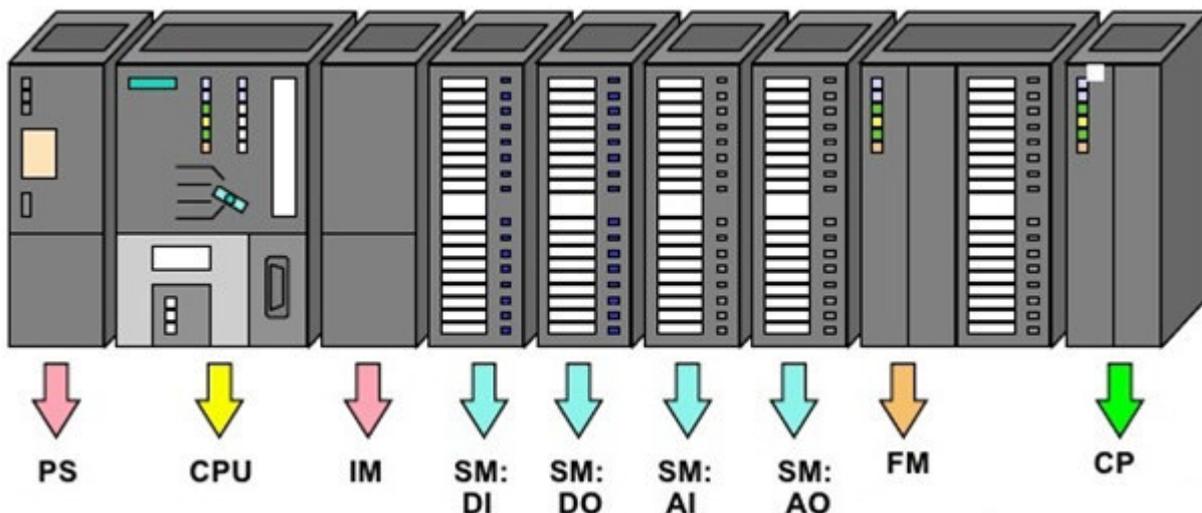


Figure III.12 : Les modules de l'automate S7-300 [20].

❖ Modules d'alimentation (PS)

Le module d'alimentation convertit la tension du secteur 120V/230V en tension de 24 VCC nécessaire pour l'alimentation de l'automate. C'est Les modules prévus pour l'alimentation des CPU du S7-300 [20].

❖ Unités centrales(CPU)

C'est le cerveau de l'automate qui exécute le programme utilisateur et commande-les sorties. Le S7-300 dispose d'une large gamme de CPU à différents niveaux de performance, on compte les versions suivantes : CPU à utilisation standard : CPU 313, CPU 314, CPU avec fonction intégrées : CPU 312 IFM et la CPU 314IFM [20].

❖ La pile

Permet de sauvegarder le contenu de la RAM en cas de coupure de courant.

❖ Carte mémoire

Son rôle est de sauvegarder le programme utilisateur, le système d'exploitation de la CPU en cas de coupure du courant.

❖ Modules de signaux(SM)

Les modules de signaux (SM) servent d'interface entre le processus et l'automate. Il existe des modules d'entrées et des modules de sorties numérique (TOR), ainsi que des modules d'entrées et des modules de sorties analogiques [20].

❖ Module de fonction(FM)

Ces modules réduisent la charge de traitement de la CPU en assurant des taches lourdes en calcul. On peut citer les modules suivants :

- FM 353/FM 357 : module de positionnement. Exemple moteur pas-à-pas.
- FM 355 : module de régulation.
- FM 350 : module de comptage.

❖ Coupleurs

Ils ont pour rôle le raccordement du châssis d'extension au châssis de base. Pour la gamme S7-300, les coupleurs disponibles sont :

- IM 365 : pour les couplages entre les châssis distant d'un mètre au maximum.
- IM360 / IM361 : pour les couplages allant jusqu'à 10 mètres de distance [20].

❖ Le châssis (rack)

Les châssis constituent des éléments mécaniques de base du SIMATIC S7-300. Ils remplissent les fonctions suivantes : assemblage mécanique des modules, Distribution de la tension d'alimentation des modules [20].

❖ Module de communication(CP)

Les processeurs de communication (CP) réalisent le couplage point-à-point qui relie les partenaires de communication [20].

III.6 Conclusion

Ce chapitre est consacré à la présentation générale des systèmes automatisés et à la description des automates programmables industriels API, ainsi qu'à l'élaboration des cahiers des charges et leurs GRAFCET. Ainsi, nous avons présenté les caractéristiques de SIMATIC S7-300 de SIEMENS. Comme on a déduit que toutes les applications industrielles d'automatisme sont pilotées par un ou plusieurs automates programmables grâce à leurs hautes gammes.

Pour le chapitre suivant nous présenterons la programmation et la supervision de notre système.

CHAPITRE IV
programmation et supervision du système étudié

IV.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons donner une description du logiciel STEP7, qui est un logiciel de programmation des automates S7 de Siemens. Ensuite on va présenter le PLC-SIM qui est une application du STEP7, qui permet de faire la simulation sans avoir besoin d'une CPU matérielle d'API. Enfin on va présenter le logiciel WINCC flexible, dans le but de la supervision du système.

IV.2 Démarrage de STEP7

STEP7 permet de programmer un automate Siemens en différents langage, il prend en compte également le réseau ce qui permet d'accéder à tout automate du réseau, et éventuellement aux automates de s'envoyer des messages entre eux.

On effectuant un double cliquer sur l'icone SIMATIC manager, la fenêtre principale s'affiche ou on va pouvoir créer un projet.

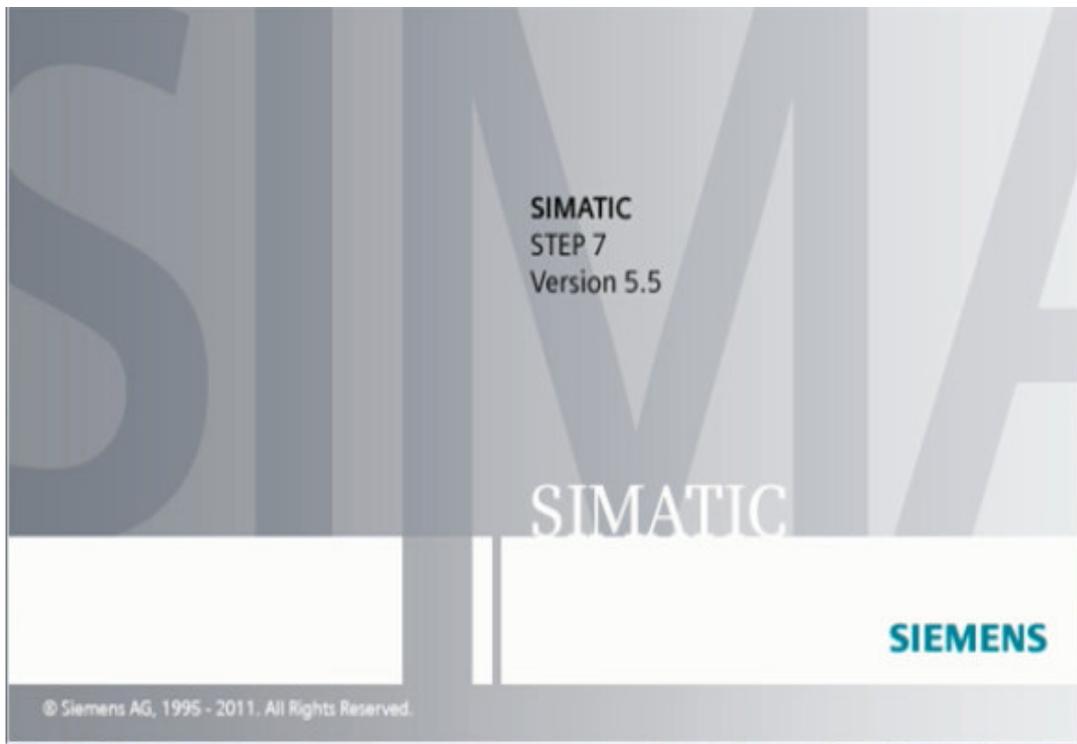


Figure IV.1: SIMATIC STEP7.

IV.2.1 Création d'un nouveau projet dans STEP7

Un projet contient la description complète de notre automatisme, il compte donc deux parties : la description du matériel et la description du fonctionnement (programme). Il existe deux possibilités pour créer un projet dans step7, soit en appuyant sur nouveau (**Fichier>Nouveau**) ou en utilisant l'assistant de création de projet (**Fichier>Assistant nouveau projet**). La fenêtre s'affiche comme le montre la figure suivante :

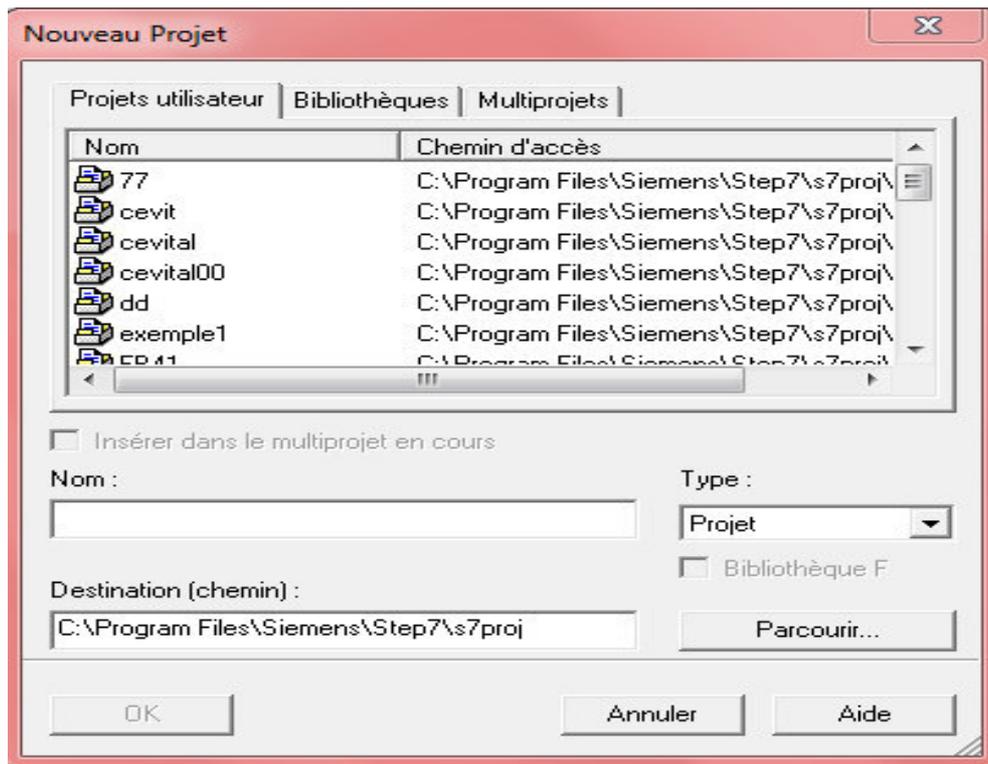


Figure IV.2: Création d'un nouveau projet.

IV.2.2 Configuration matérielle

La configuration matérielle nous permet de sélectionner le type de CPU, PS et des modules en leur effectuant des adresses, comme on peut modifier les propriétés de ces modules.

La configuration matérielle est une étape importante dans le logiciel de programmation STEP7. C'est dans cette partie qu'on choisit le matériel nécessaire pour notre programme, ce matériel qui est fourni avec des paramètres définis par défaut en usine, nécessitant une configuration afin de modifier les paramètres ou les adresses pré-réglées d'un module et de configurer les liaisons de communication.

On commence par le choix du châssis qui est définis selon la station choisie auparavant, pour la station SIMATIC300 on a pris le châssis « RACK 300 ». Ensuite on passe au choix de l'alimentation qui est insérée dans l'emplacement n°1, pour notre cas on a choisit « PS 307 10A ». L'emplacement n°2 est obligatoirement réservée pour la CPU, pour notre programme on utilise « CPU 313C-2DP ».

L'emplacement n°3 est réservé à la configuration d'une deuxième RACK, à partir de l'emplacement n°4 on a le choix d'ajouter jusqu'à 8 modules, modules de signaux (SM), modules fonctionnels (FM) ou processeurs de communication (CP). Pour notre programme on va mettre des modules de signaux comme suivant :

Un module 8 Entrées/Sorties numériques (DI/DO), trois modules 16 Entrées/Sorties numériques (DI/DO), un module 2 Entrées analogiques (AI), un module 4 Entrées/Sorties analogiques (AI/AO), un module 32 Entrées numérique DI.

La fenêtre de la configuration matérielle s'affiche comme le montre la figure suivante :

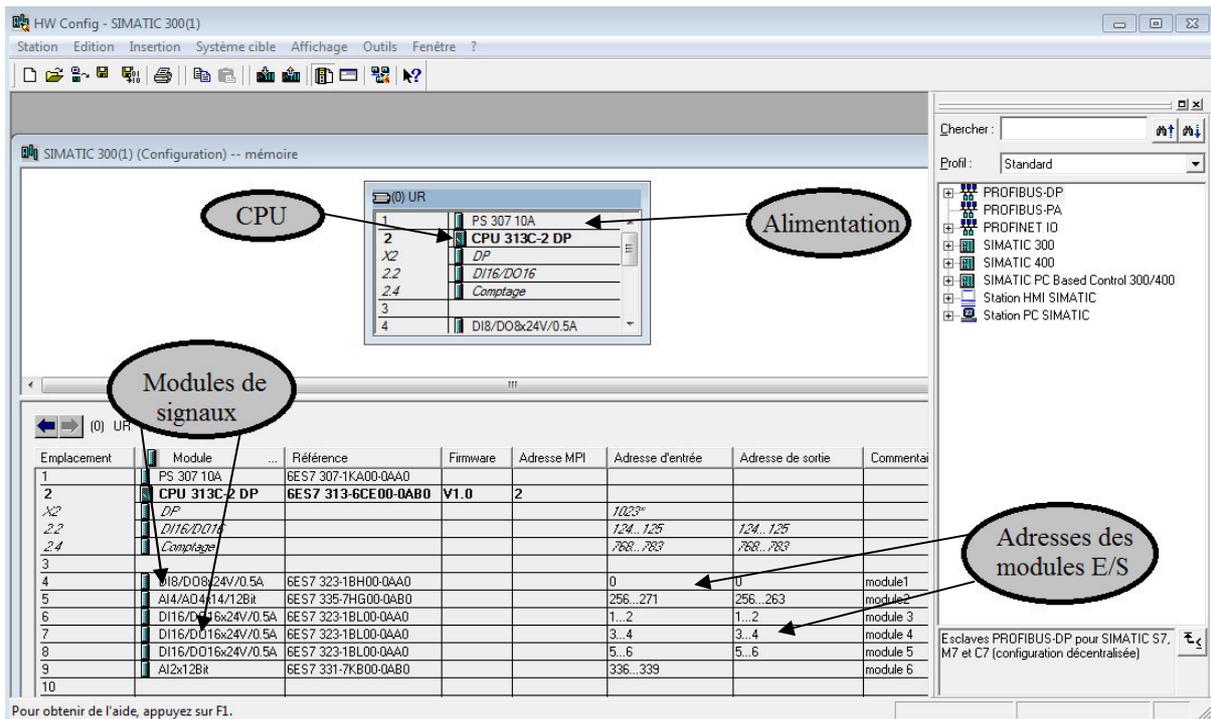


Figure IV.3: Configuration matérielle.

IV.2.3 Les langages de programmation dans le STEP7

Pour programmer sous STEP7 on dispose de trois langages de programmation LIST, CONT, LOG, et ils peuvent être utilisés dans le même programme. Dans notre programme on a utilisé le langage schémas à contacts (CONT).

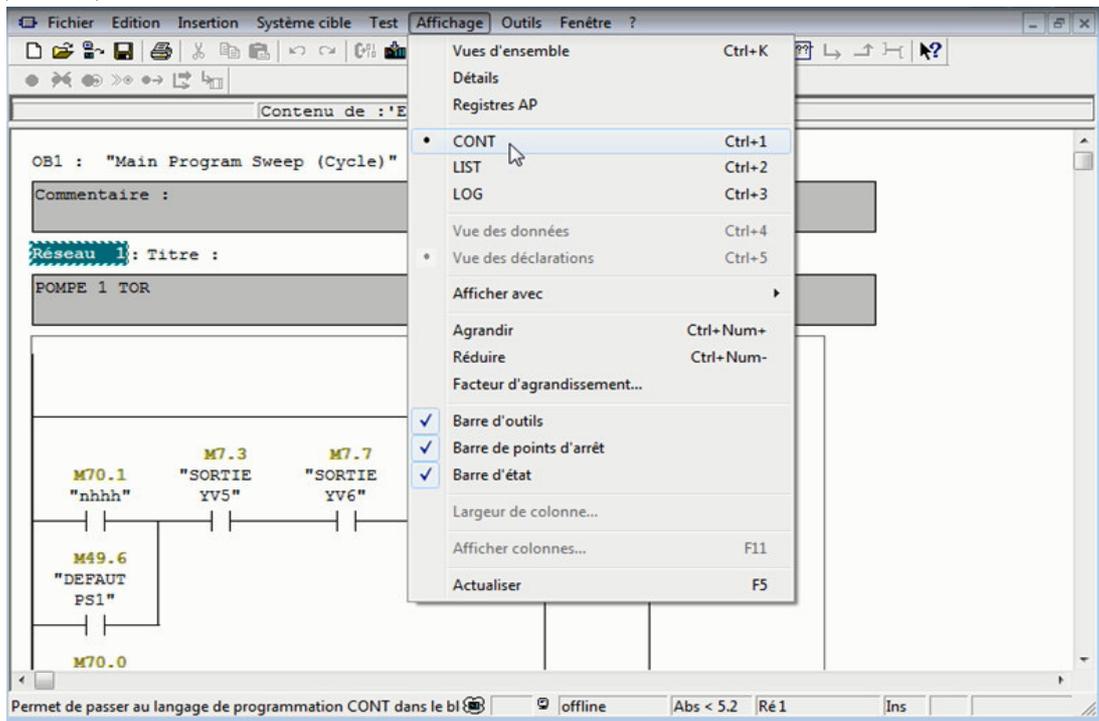


Figure IV.4 : Choix du langage de programmation.

IV.2.4 Définition d'une mnémonique

La mnémonique est un nom donné par l'utilisateur qui peut remplacer une variable, un type de donnée ou bloc dans la programmation.

IV.2.5 Création de la table des mnémoniques

Pour programmer en STEP7, on utilise des opérands (entrées/sorties, mémentos, compteur, temporisations, blocs de données et blocs fonctionnels) qu'on peut adresser de manière absolue (ex. : E1.1, M2.0, FB21). Mais l'emploi de mnémoniques à la place des adresses absolues (ex. : Moteur_A_Marche) améliore considérablement la lisibilité et la clarté d'un programme. A cet effet, on peut définir dans la table des mnémoniques, pour chaque opérande symbolique qu'on souhaite utiliser, une mnémonique, l'adresse absolue, le type de données ainsi qu'un commentaire. Les mnémoniques ainsi définis sont utilisables dans tout le programme utilisateur d'un module programmable [7].

Afin d'insérer la tables des mnémoniques on clique sur (**programme>Mnémoniques**) comme le montre la figure suivante :

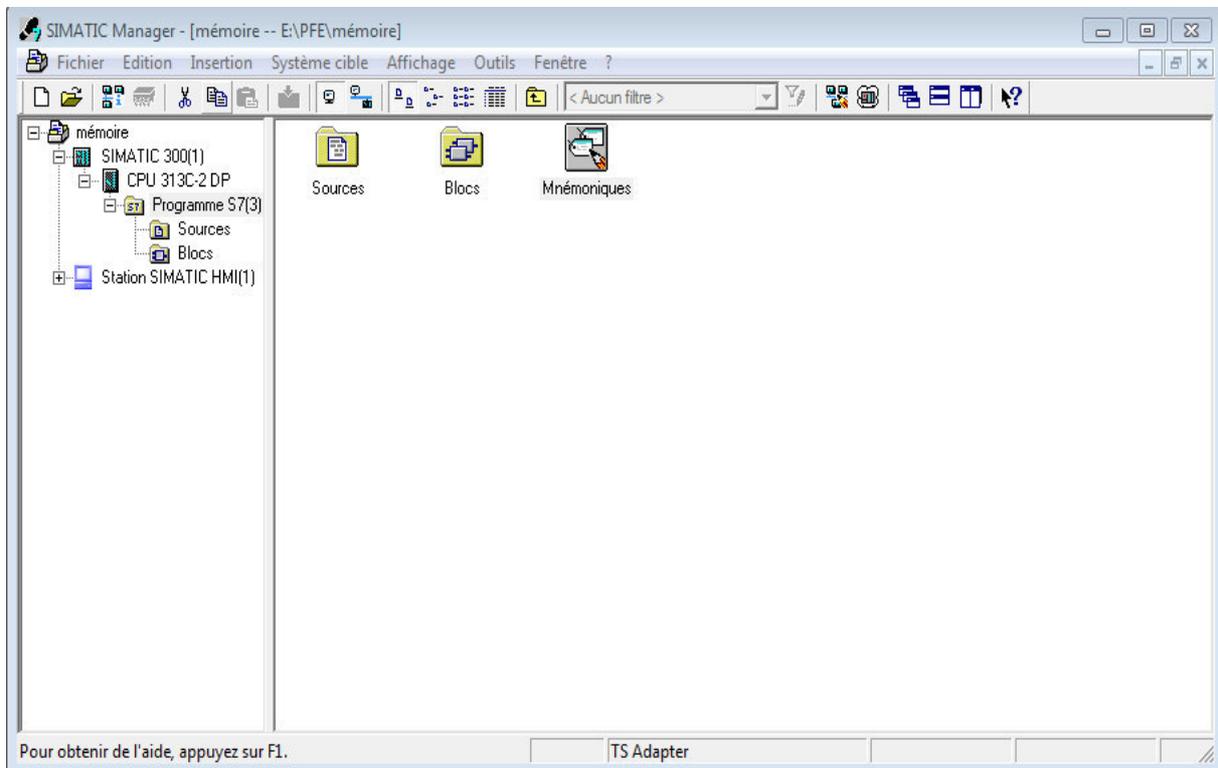


Figure IV.5 : Création de la table des mnémoniques.

Remarque :

La table des mnémoniques associée à notre programme est représentée dans **l'annexe 7**.

Les types de variables pouvant être associées à une mnémonique sont représentés dans la figure suivante :

anglais	allemand	Désignation	Types de données	Plages d'adresses
I	E	Bit d'entrée	BOOL	0.0...65535.7
Q	A	Bit de sortie	BOOL	0.0...65535.7
M	M	Bit de memento	BOOL	0.0...65535.7
MW	MW	Mot de memento	WORD, INT, S5TIME, DATE	0...65534
MD	MD	Double mot de memento	DWORD, DINT, REAL, TOD, TIME	0...65532
PIW	PEW	Mot de périphérique d'entrée	WORD, INT, S5TIME, DATE	0...65534
PQW	PAW	Mot de périphérique de sortie	WORD, INT, S5TIME, DATE	0...65534
T	T	Temporisation	TIMER	0...65535
OB	OB	Bloc d'organisation	OB	1...65535
DB	DB	Bloc de données	DB, FB	1...65535
FC	FC	Fonction	FC	0...65535

Tableau IV.1 : Variables associées à une mnémonique.

IV.2.6 Création d'un bloc d'organisation (OB)

Les blocs d'organisation (OB) constituent l'interface entre le système d'exploitation et le programme utilisateur. Ils sont appelés par le système d'exploitation et gèrent le traitement de programme cyclique et déclenché par alarme, ainsi que le comportement à la mise en route de l'automate programmable et le traitement des erreurs [7].

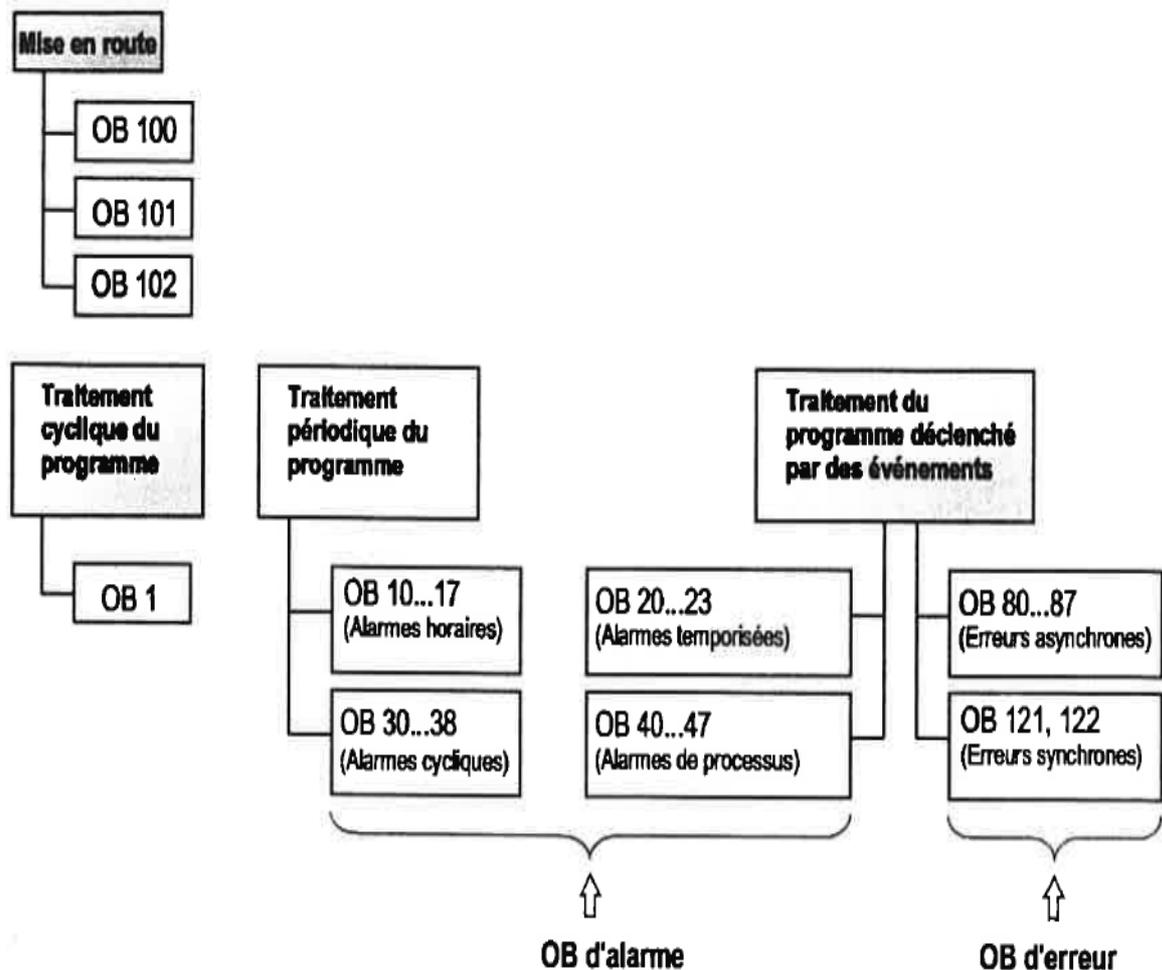


Figure IV.6 : Présentation des blocs d'organisation [1].

Les OB utilisés dans notre programme :

Bloc d'organisation	Type d'alarme
OB1	Cycle libre
OB35, OB36	Alarmes cyclique
OB82, OB85, OB87	Erreurs asynchrone
OB100	Mise en route
OB121, OB122	Erreurs synchrones

Tableau IV.2 : Type des blocs d'organisation utilisés.

On clique avec le bouton droit sur la fenêtre des blocs (**insérer un nouvel objet>bloc d'organisation**) comme le montre la figure suivante :

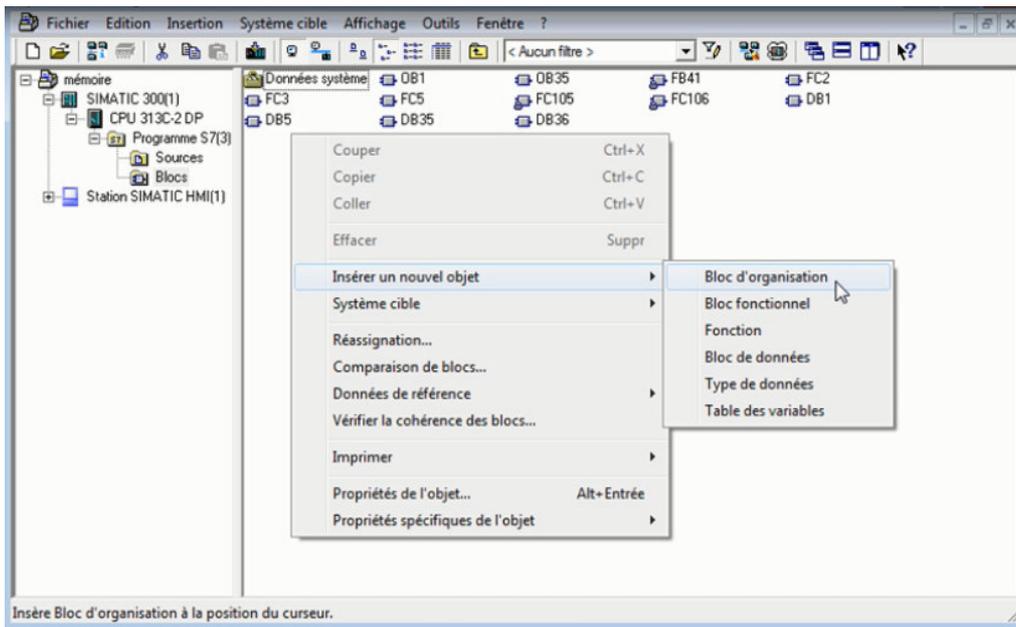


Figure IV.7 : Création d'un bloc d'organisation.

IV.2.7 Création d'un bloc de données (DB)

Les blocs de données servent à l'enregistrement de données utilisateur, ils contiennent des données variables que le programme utilisateur utilise. Les blocs de données globaux servent à l'enregistrement de données utilisateur pouvant être utilisées par tous les blocs.

On utilise un cliques droit sur la fenêtre des blocs, on choisit (**insérer un nouvel objet>blocs de données**), comme le montre la figure suivante :

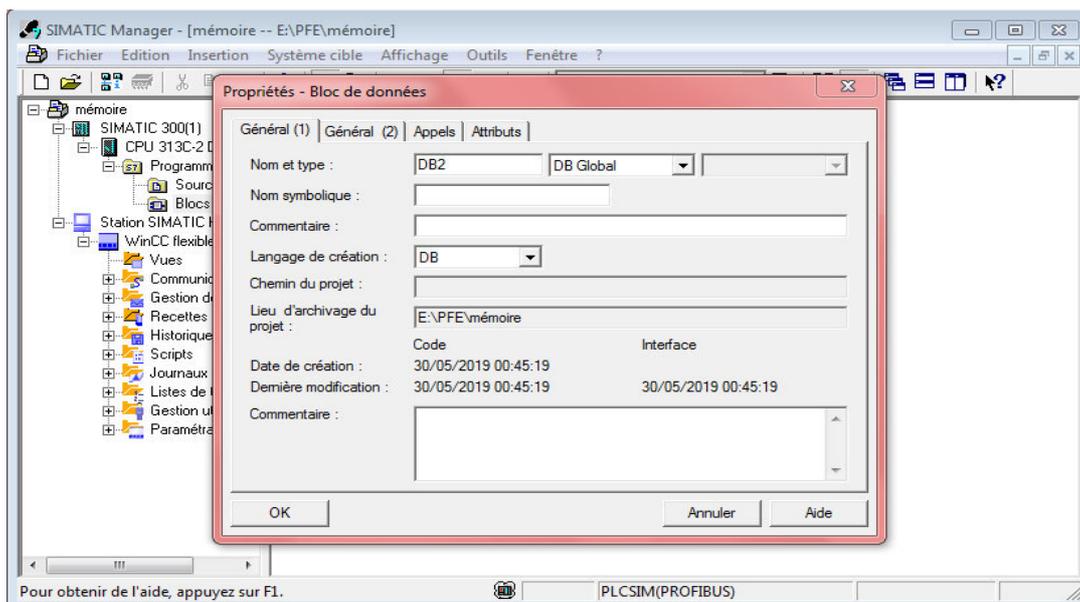


Figure IV.8: Création d'un bloc de données.

IV.2.8 Création d'une fonction FC

Les fonctions font partie des blocs qu'on programme nous-mêmes. Une fonction est un bloc de code sans mémoire. Les variables temporaires d'une fonction sont sauvegardées dans la pile des données locales. Ces données sont perdues à l'achèvement de la fonction. Les fonctions peuvent faire appel à des blocs de données globaux pour la sauvegarde des données. Comme une fonction ne dispose pas de mémoire associée, on doit toujours indiquer des paramètres effectifs pour elle. On ne peut pas affecter de valeur initiale aux données locales d'une FC [21].

On utilise un clic droit sur la fenêtre des blocs, on choisit (**insérer un nouvel objet>Fonction**), comme le montre la figure suivante :

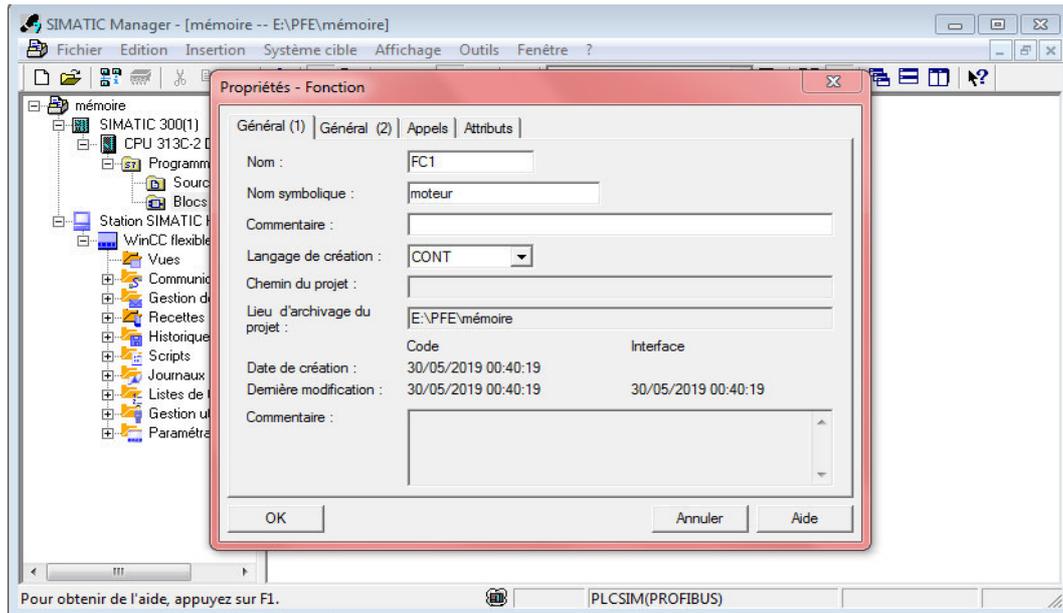


Figure IV.9 : Création d'une fonction.

IV.3 Simulation du programme avec le logiciel optionnel S7-PLCSIM

Le logiciel optionnel de simulation S7-PLCSIM permet d'exécuter et de tester un programme dans un système d'automatisation qu'on simule dans notre ordinateur ou dans une console de programmation (par exemple une Power PG). La simulation étant complètement réalisée au sein du logiciel STEP7, il n'est pas nécessaire d'être connecté à un matériel S7 quelconque (CPU ou modules de signaux). La CPU S7 simulée permet de tester les programmes destinés aussi bien aux CPU S7-300 qu'aux CPU S7-400 et de remédier à d'éventuelles erreurs.

Cette application dispose d'une interface simple qui permet de surveiller et de modifier les différents paramètres utilisés dans le programme (comme par exemple d'activer ou de désactiver des entrées). Tout en exécutant un programme dans la CPU simulée, on a en outre la possibilité de mettre en œuvre les différentes applications du logiciel STEP7, comme par exemple la table des variables afin de visualiser et de forcer des variables [22].

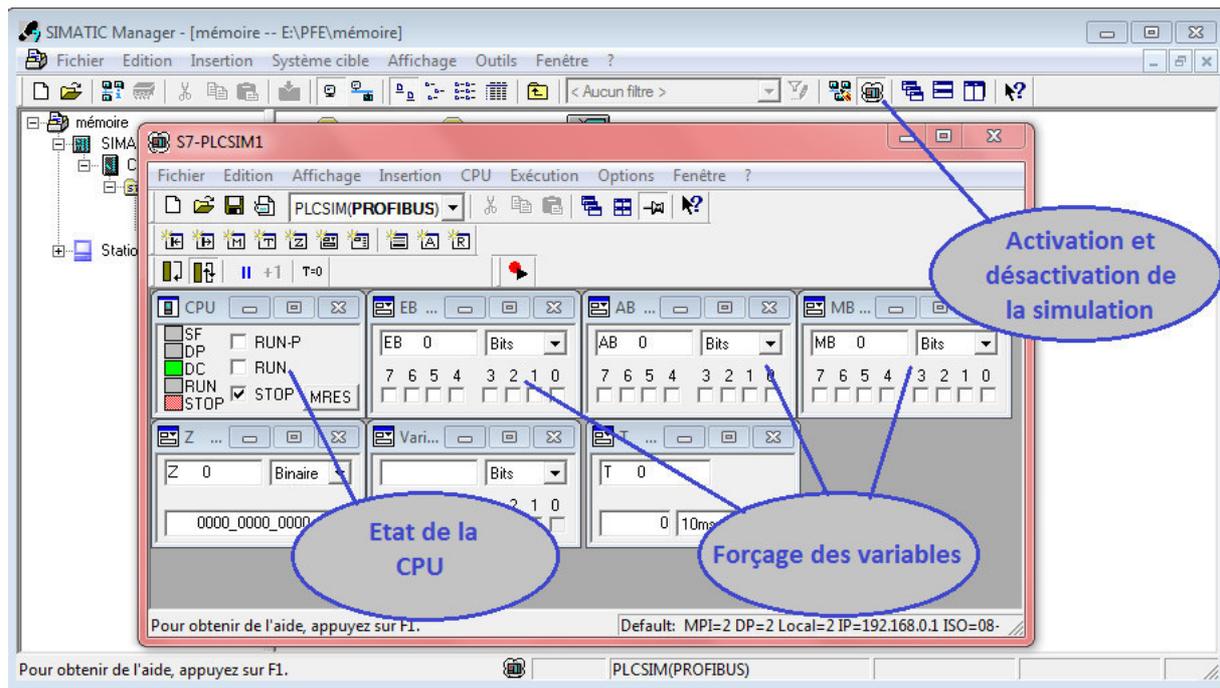


Figure IV.10 : Interface de simulation PLCSIM.

IV.3.1 Caractéristiques de S7-PLCSIM

Le S7-PLCSIM possède plusieurs caractéristiques qui se résument comme suit :

- Le S7-PLCSIM peut simuler les automates programmables S7.
- Dans la barre d'outils du gestionnaire de projet SIMATIC, il ya un bouton qui permet l'ouverture du logiciel S7-PLCSIM avec sa CPU de simulation.
- La création des fenêtres dans lesquelles on peut accéder aux zones mémoires, entrées et sorties, aux accumulateurs ainsi qu'aux registres de la CPU de simulation.
- Il fournit la possibilité d'exécuter des temporisations automatiquement ou les définir et les réinitialiser manuellement.
- Il offre la possibilité de changer l'état de fonctionnement de la CPU (STOP, RUN et RUNP) comme pour une CPU réelle. De plus la simulation de modules met à la disposition de l'utilisateur une fonction de pause qui permet d'interrompre momentanément la CPU, sans affecter l'état du programme.
- Il offre la possibilité d'utiliser les OB d'alarmes pour tester le comportement du programme.
- Il permet d'enregistrer une série d'événements et lire l'enregistrement afin d'automatiser le programme.

IV.3.2 Paramétrer l'interface PG/PC

Dans les versions précédentes de S7-PLCSIM, on ne peut simuler un automate programmable que via une liaison MPI. Avec S7-PLCSIM, on peut utiliser chacun des paramétrages d'interface suivants pour établir une liaison :

- PLCSIM (ISO), via l'adresse MAC.
- PLCSIM (local), via le bus de fond de panier virtuel / soft bus.

- PLCSIM (MPI), via l'interface MPI.
- PLCSIM (PROFIBUS), via l'interface PROFIBUS.
- PLCSIM (TCP/IP), via l'adresse IP [23].

Par défaut, c'est la liaison via l'interface MPI qui est définie dans S7-PLCSIM pour le système d'automatisation simulé. Ce dernier est démarré ultérieurement avec le dernier type de liaison utilisé. Pour paramétrer une interface PG/PC, procédez de la manière suivante :

Configuration de votre matériel dans STEP 7, puis Démarrez S7-PLCSIM., Sélectionnez l'un des types de liaison configurés pour le système d'automatisation virtuel dans la liste de zone déroulante de la barre d'outils. La figure suivante montre comment paramétrer l'interface :

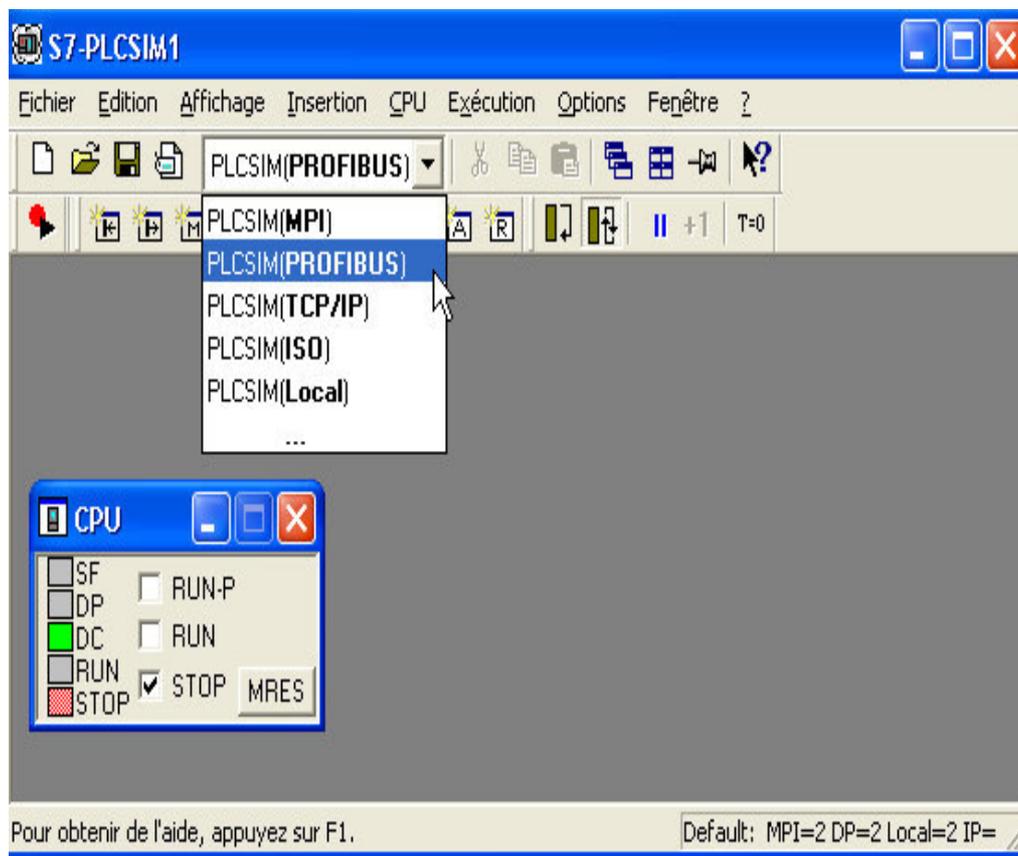


Figure IV.11 : Paramétrer l'interface PG/PC.

IV.3.3 Chargement du programme

Pour pouvoir charger le programme dans la CPU, on doit sélectionner la station SIMATIC300 ou le classeur des blocs dans la structure hiérarchique du projet, puis en sélectionne directement l'icône de chargement ou en sélectionne « système cible>charger », comme le montre la figure (IV.12).

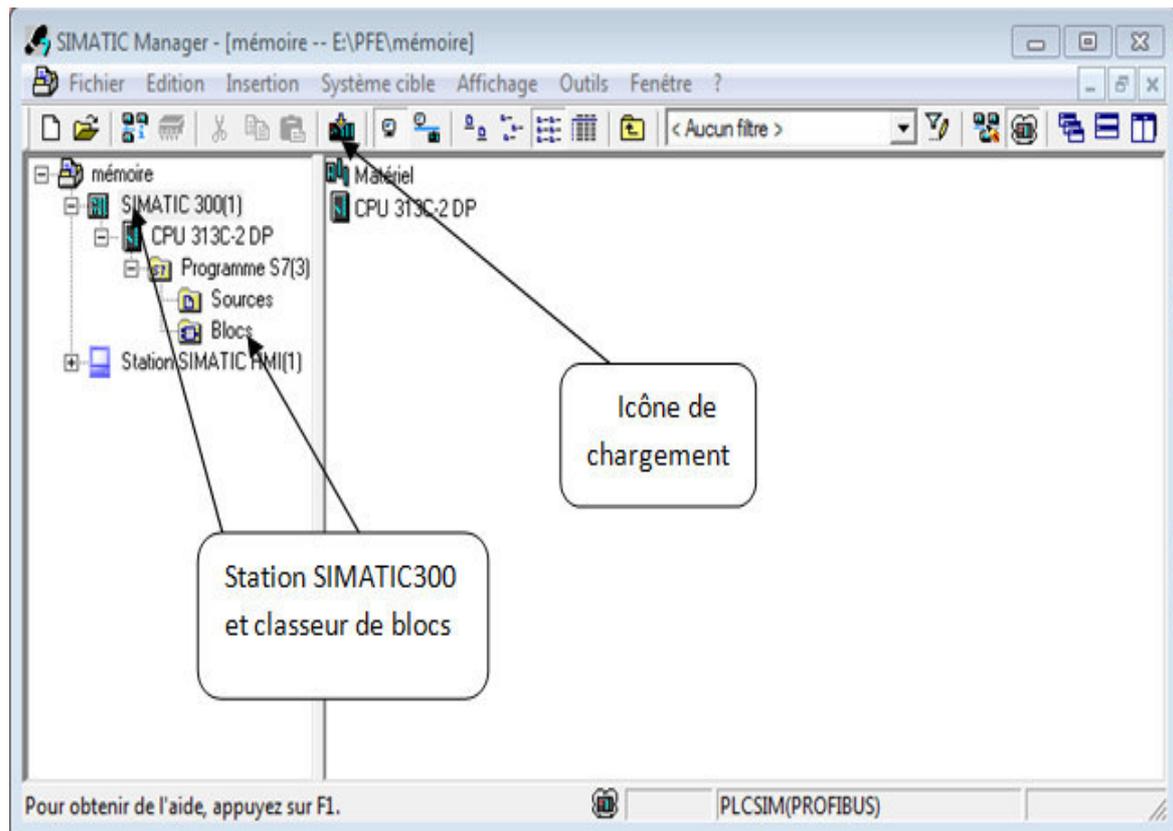


Figure IV.12 : Fenêtre de chargement dans l'API.

IV.3.4 Configuration du simulateur

Notre programme contient des entrées, sorties, mémentos, temporisations et des zones mémoires. En exécutant le programme on peut forcer les entrées à 0 ou à 1, ou même donner une valeur pour les entrées analogiques et visualiser les valeurs des temporisations, ainsi que le changement des sorties à partir des fenêtres qu'on va créer comme suit :

- Créer les fenêtres permettant de modifier l'état des entrées intervenant dans le programme.
- Créer les fenêtres pour la modification et la visualisation de l'état des sorties intervenant dans le programme.
- Créer les fenêtres permettant de modifier l'état des mémentos intervenant dans le programme.
- Créer les fenêtres pour la visualisation des valeurs des temporisations intervenant dans le programme.
- Créer les fenêtres pour la modification et la visualisation de l'état des zones mémoires intervenant dans le programme (data blocs).

Afin de créer toutes ces fenêtres on peut choisir la commande « insertion » ou directement à partir de la barre d'outils. Les adresses des entrées, sorties, mémentos, zones mémoires sont donnée par défaut, donc on doit leur affecter leur adresses utiliser dans le programme. Les fenêtres utilisées dans le programme sont représentées dans la figue suivante :

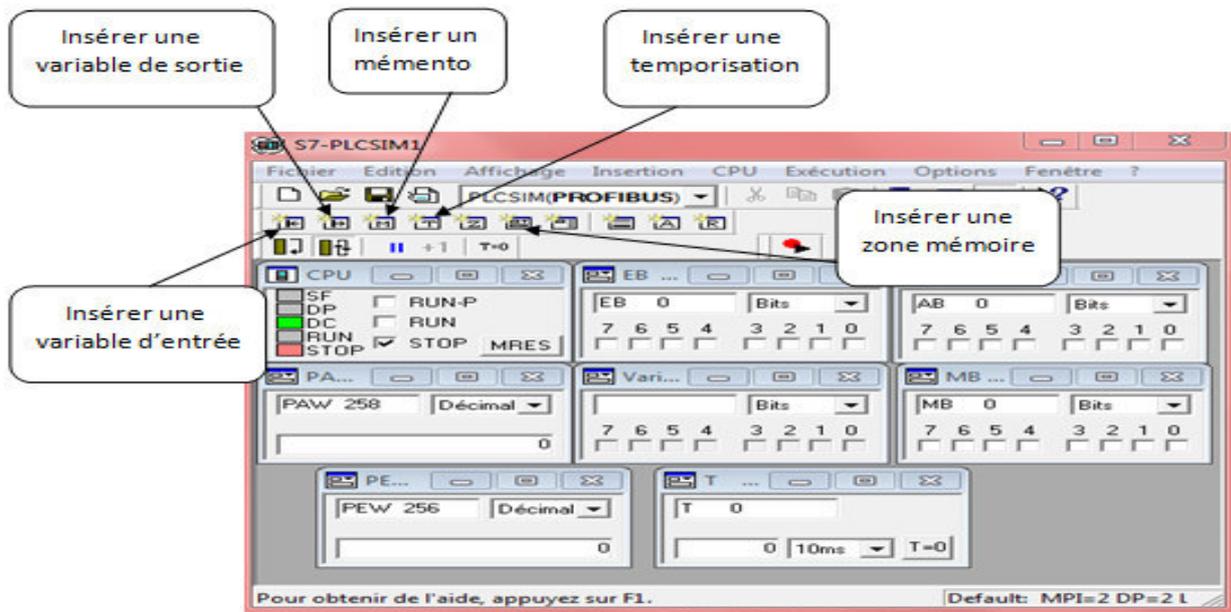


Figure IV.13 : La configuration du S7-PLSIM.

IV.3.5 Exécution du programme

Pour exécuter le programme on met la CPU en mode « RUN » ou en mode « RUN-P », la différence entre les deux modes c'est que dans le mode « RUN » la CPU traite le programme utilisateur sans que ce dernier ne puisse être modifié, alors que dans le mode « RUN-P » le programme peut être modifié en cours de son traitement par la CPU. Le mode de fonctionnement « STOP » permet d'arrêter la CPU, c'est-à-dire qu'elle ne traite plus aucun programme.

L'effacement général du programme s'effectue en cliquant sur le bouton « MRES ». La figure suivante montre les 3 modes de la CPU :

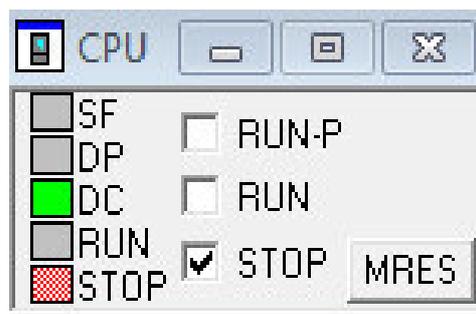


Figure IV.14 : Sélectionner le mode de la CPU.

IV.3.6 Indicateurs d'une CPU simulée

La fenêtre « CPU » dispose d'une série d'indicateurs qui correspondent aux voyants DEL sur une CPU "réelle" :

- **SF** (erreur système) signale que la CPU a détectée une erreur système qui provoque un changement de l'état de fonctionnement.
- **DP** (périphérie décentralisée) indique l'état de la communication avec les entrées/sorties décentralisées (éloignées).

- **DC** (alimentation) indique c'est la CPU se trouve sous ou hors tension.
- **RUN** indique que la CPU est à l'état de fonctionnement RUN.
- **STOP** indique que la CPU est à l'état d'arrêt STOP [23].

IV.3.7 Simulation du programme

On lance la simulation, après avoir paramétré l'interface PG/PC, charger le programme et configurer le simulateur. La figure suivante nous montre la fenêtre de visualisation du programme simulé :

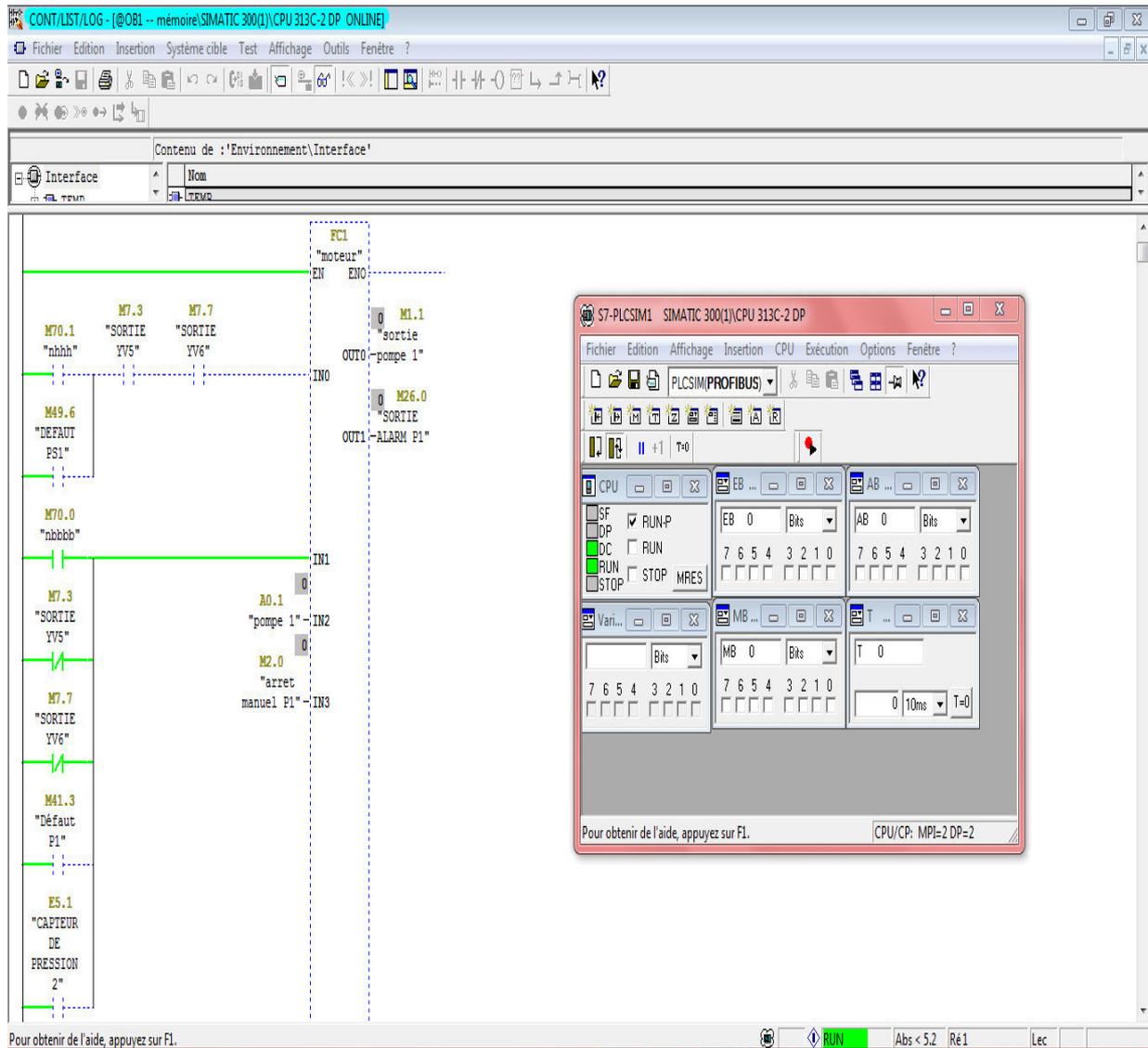


Figure IV.15 : Simulation du programme.

IV.4 Types de traitement du programme par la CPU

On distingue deux types de programme : le programme linéaire et le programme structuré.

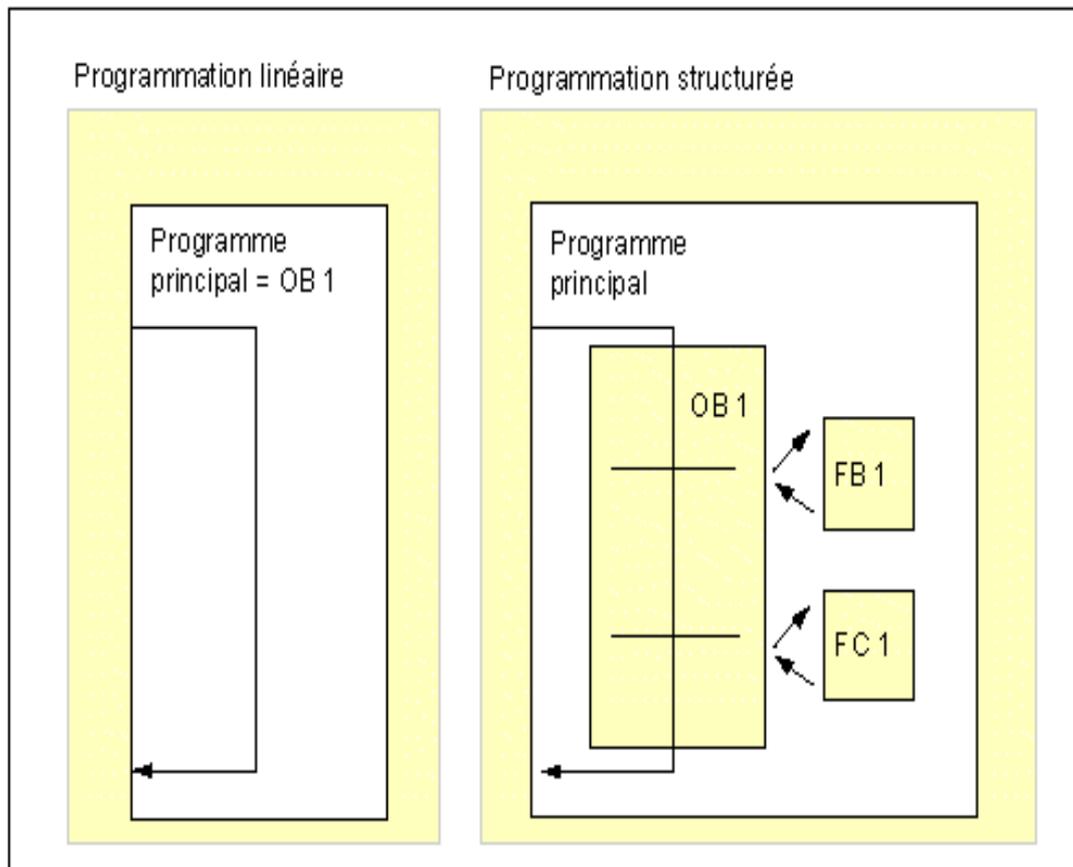


Figure IV.16 : Le programme linéaire et le programme structuré [11].

IV.4.1 Programmation linéaire

Elle est utilisée dans les programmes simples, où la CPU est chargée d'exécuter un seul programme, en appelant le bloc OB1 dans le programme principal ou les instructions s'exécutent les unes après les autres.

IV.4.2 Programmation structurée

Elle est utilisée dans les programmes complexes, le programme est subdivisé en sous-programmes pour faciliter l'exécution des fonctions spécifiques, le programme principal dans ce cas est chargé de gérer ces sous-programmes et d'en faire appel dans l'OB1.

La structure du programme proposé est donnée dans la figure ci-dessous :

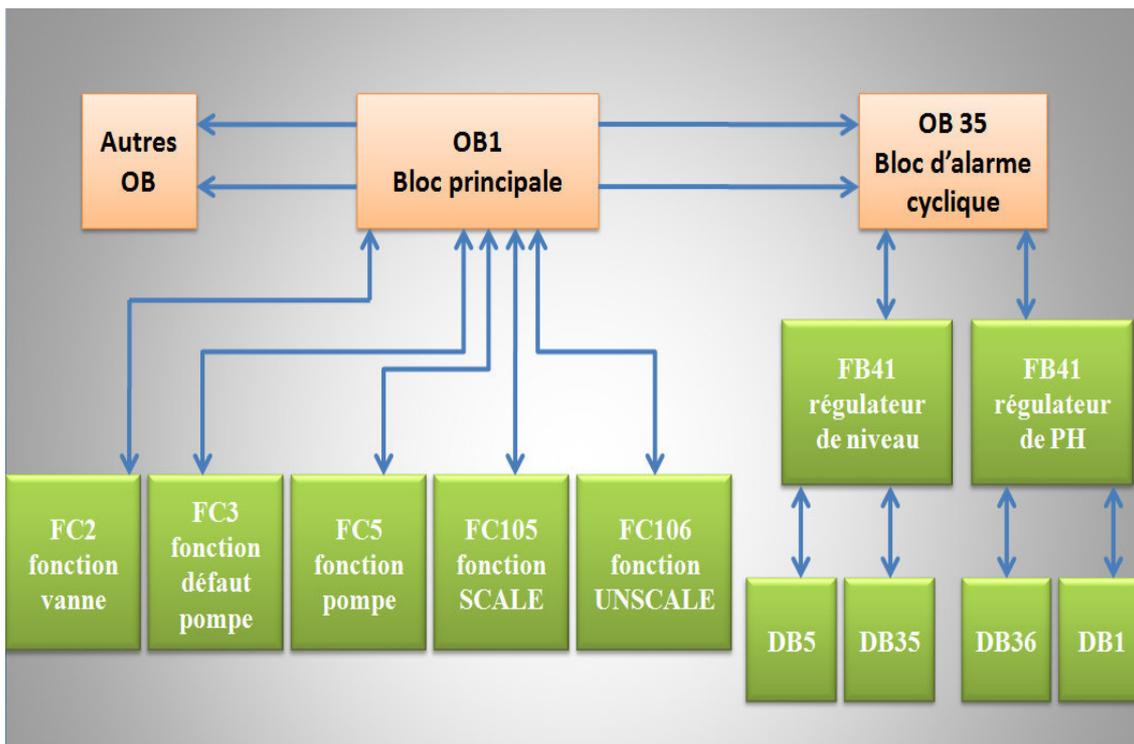


Figure IV.17 : Programmation structurée du système de création du vide.

Dans notre projet (création du vide) on a utilisé les blocs et fonctions suivantes :

OB1 bloc principal : le bloc d'organisation OB1 est l'interface entre le système d'exploitation de la CPU et le programme utilisateur, la CPU exécute les instructions qui se trouvent dans ce bloc en faisant appel aux autres blocs pour qu'ils soient exécutés à leurs tours.

FB41 Bloc fonctionnel du régulateur : on a utilisé deux, un pour la régulation de PH et l'autre pour le niveau.

FC5 Fonction pompe : on a consacré la fonction FC5 pour élaborer le programme qui commande les pompes du système.

FC2 Fonction vanne : elle est consacrée pour le programme des vannes de notre système.

FC3 Défaut pompe : on a utilisé la fonction FC3 pour le défaut des pompes.

FC105 et FC106 : la fonction mise à l'échelle et Annuler la mise à l'échelle respectivement.

DB5 Bloc données : bloc de données utilisateur réservé pour le régulateur de niveau.

DB1 Bloc données : bloc de données utilisateur réservé pour le régulateur de PH.

OB35 Bloc d'alarmes cycliques : consacré pour le programme du régulateur de niveau et du degré de PH.

DB35 : bloc de donnée d'instance associée à FB41 du régulateur niveau. Les données de ce DB ne devraient être traitées que par le FB correspondant, ces blocs sont créés en cas d'appel d'un bloc FB.

DB36 : bloc de donnée d'instance associée à FB41 du régulateur PH. Les données de ce DB ne devraient être traitées que par le FB correspondant, ces blocs sont créés en cas d'appel d'un bloc FB.

Remarque :

La programmation élaborée pour le système est représenté dans l'**annexe 6**.

IV.5 La supervision

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) [23].

La supervision sert à représenter le processus, le surveiller, le commander, le contrôler et le diagnostiquer dans le but d'obtenir son fonctionnement optimal. Elle assure aussi la gestion d'alarmes et l'archivage pour faciliter la maintenance.

IV.5.1 Présentation du logiciel WINCC flexible

WinCC flexible est le logiciel IHM pour la réalisation de concepts d'automatisation évolutifs, par des moyens simples et efficaces, WinCC est efficace grâce à sa flexibilité, sa simplicité et son ouverture, WinCC fonctionne avec les panels SIMATIC dans les systèmes IHM, comme il peut fonctionner avec un ordinateur dans les systèmes SCADA.

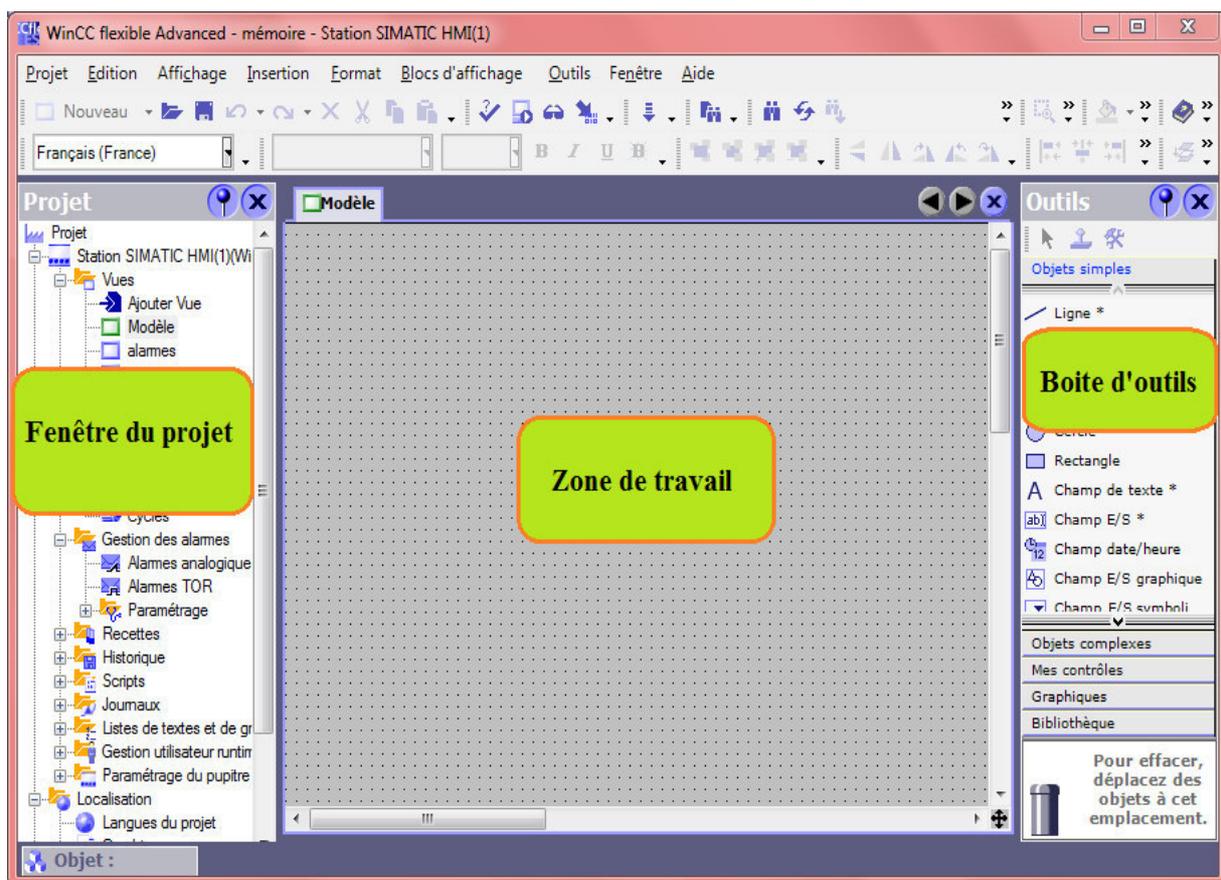


Figure IV.18 : WinCC flexible 2008.

IV.5.2 Intégration du WINCC flexible dans STEP7

L'intégration permet de faire la liaison entre le programme dans le STEP7 et le projet WinCC, cette intégration est possible par deux façons, Si STEP 7 et WinCC flexible sont installés sur un même ordinateur, on peut créer un projet WinCC flexible intégré directement dans le SIMATIC Manager, sinon si on a créer un projet WinCC flexible sans l'avoir intégrer dans STEP 7, on peut l'intégrer ultérieurement dans STEP 7. On peut ainsi installer des projets WinCC flexible sur des ordinateurs ne possédant pas STEP 7. Ces projets WinCC flexible pourront être intégrés ultérieurement à un projet STEP7 sur un ordinateur doté de STEP 7.

IV.5.3 Configuration de la liaison entre la station S7-300 et la station SIMATIC HMI

Dans les projets WinCC flexible intégrés on peut créer une liaison automatiquement. Si on lie une variable via une mnémonique STEP 7 à un automate et s'il n'existe pas encore de liaison, la liaison est créée automatiquement. Sinon on va la créer à partir de la configuration matérielle de la station SIMATIC IHM, comme pour notre cas.

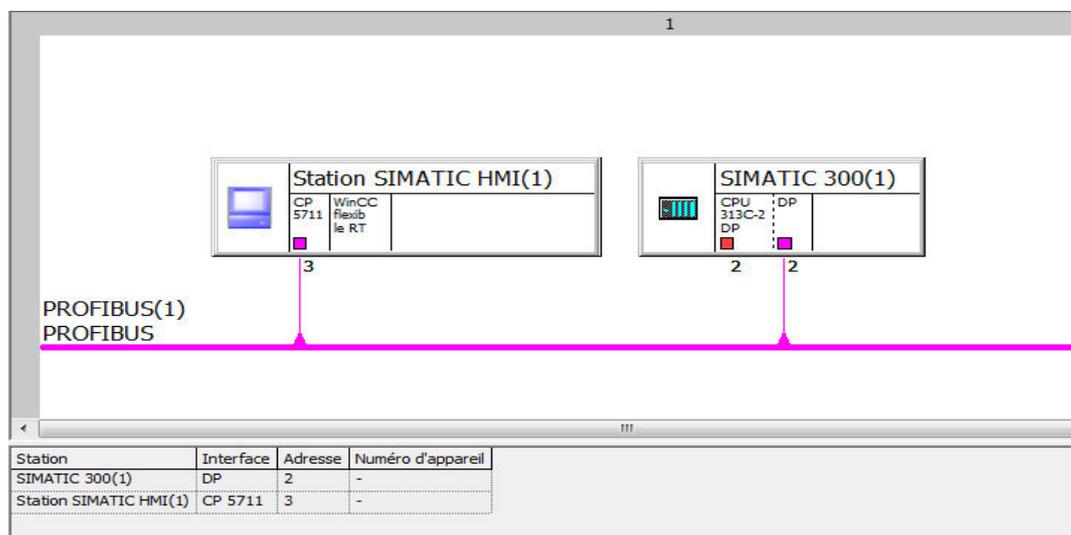


Figure IV.19 : La liaison entre la station S7-300 et la station SIMATIC HMI via réseau PROFIBUS.

IV.5.4 Création d'une vue

Les vues sont des éléments importants dans le projet, elles permettent de commander et contrôler notre système (création de vide), elles contiennent des objets comme les champs d'entrées/sorties, champs de texte, les éléments de l'installation (pompe, vannes, bacs, cuves,)

IV.5.5 Vues du système de création de vide

La supervision du système de création de vide permet de contrôler et commander plusieurs paramètres comme le niveau du bac d'eau usée ainsi que le degré de PH des eaux barométrique, commander le démarrage et l'arrêt des pompes, l'ouverture et la fermeture des vannes et connaître leurs états. Elle permet aussi de connaître les niveaux des bacs et des cuves, d'afficher les alarmes en cas de défauts et de visualiser les vitesses des pompes (P2, PS2, P4) ainsi que le degré de PH des eaux barométrique. La plateforme de supervision qui nous permet de commander et contrôler notre système est composé de quatre vues données comme suite :

- Vue d'accueil
- Vue de la première boucle
- Vue de la deuxième boucle
- Vue des alarmes

A) Vue d'accueil

La vue d'accueil est la vue d'entrée qui permet d'accéder à n'importe quelle vue du système.

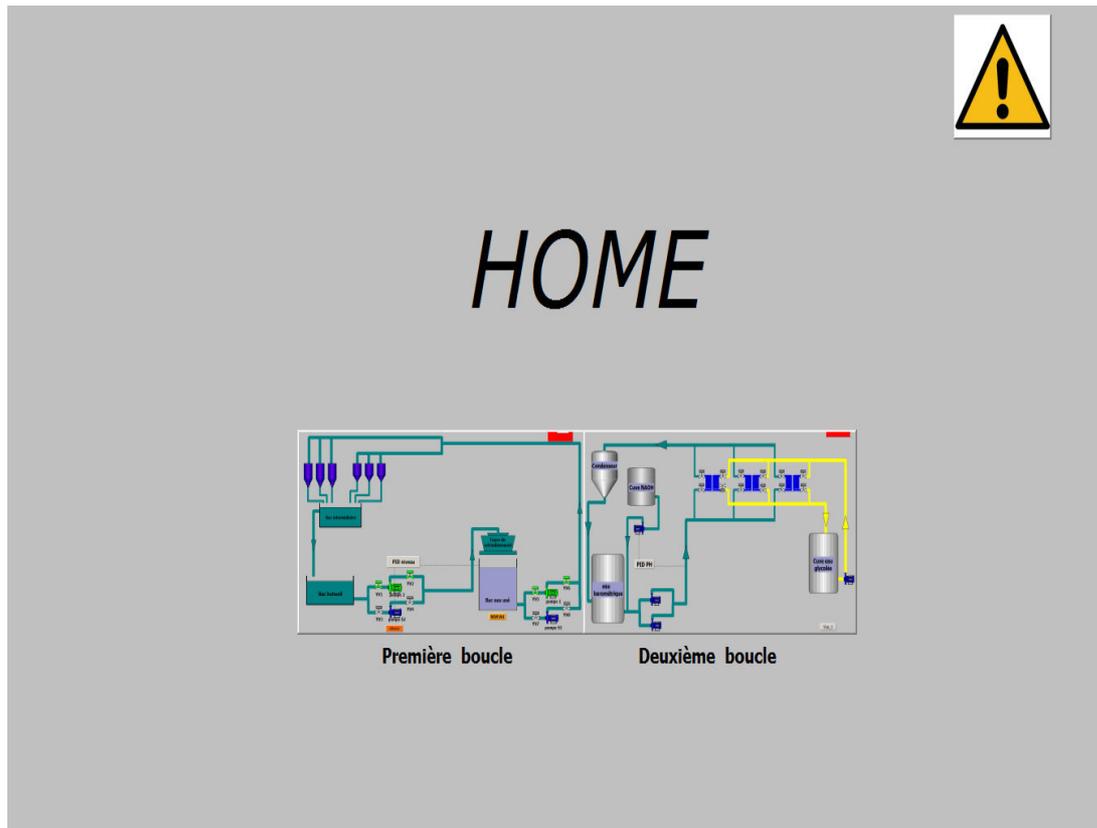


Figure IV.20 : La vue d'accueil.

B) Vue de la première boucle

Elle permet de faire fonctionner la première boucle et visualiser l'états de ses composants, comme elle permet d'afficher le niveau du bac d'eau usée, activer ou désactiver un composant dans la boucle (pompe, vanne), introduire les paramètres et la consigne du régulateur. Elle représente la première boucle qui est responsable d'envoyer les eaux du bac Hotwell aux condenseurs en passant par la tour de refroidissement et le bac d'eau usée, la vue est représentée dans la figure suivante :

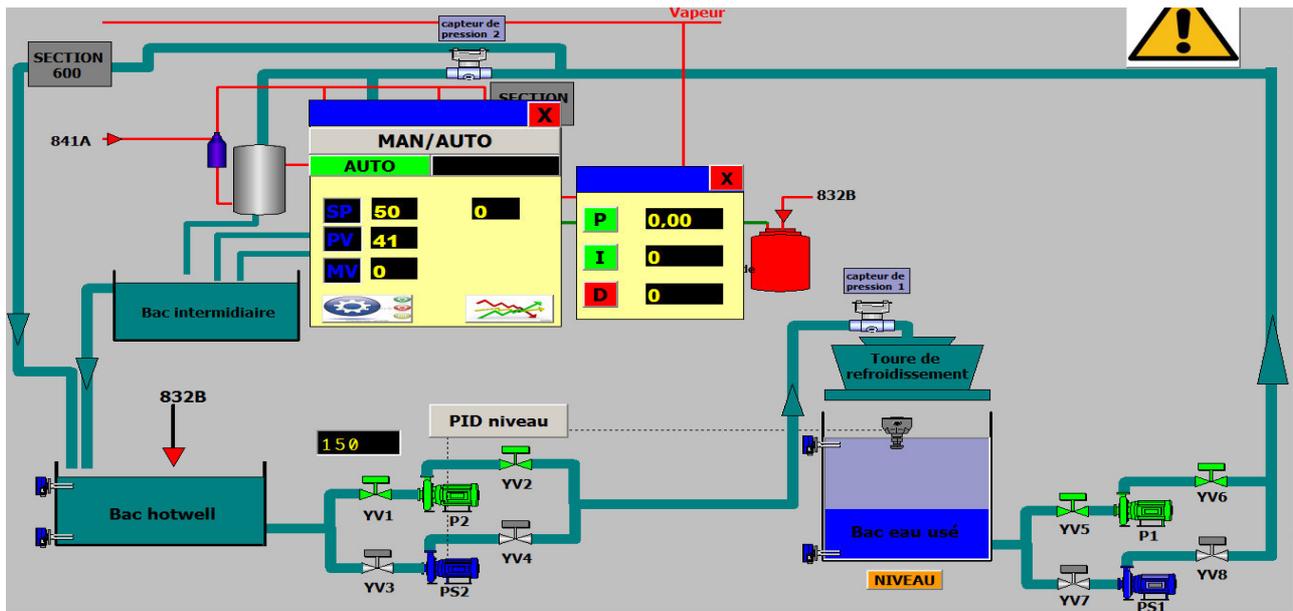


Figure IV.21 : Vue de la première boucle.

C) Vue de la deuxième boucle

Elle permet de commander et Controller le système de la deuxième boucle et visualiser l'état de ses composants (pompe, vanne), comme elle affiche le degré du PH des eaux barométriques, introduire la consigne et les paramètres de régulateur PID et choisir le mode du régulateur (MAN/AUTO), la vue est représentée dans la figure suivante :

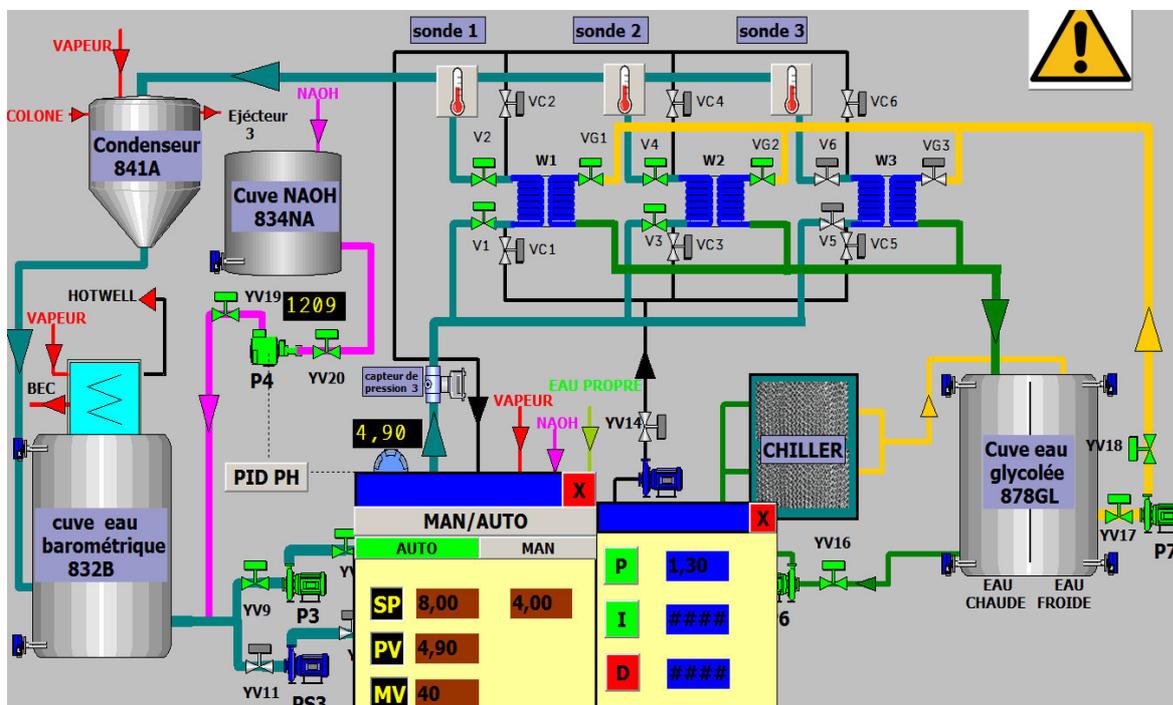
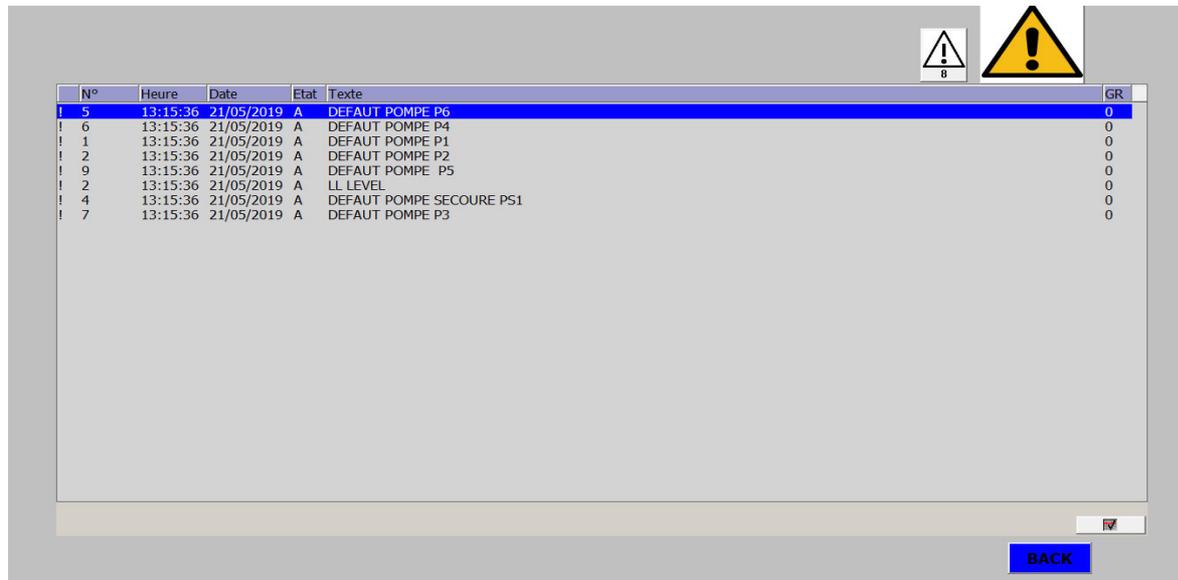


Figure IV.22 : Vue de la deuxième boucle.

D) Vue des alarmes

La vue des alarmes permet d'afficher les alarmes du système reliées aux défauts et aux maux fonctionnements, afin de mieux sécuriser notre système, pour notre système on a prévu des alarmes TOR pour les défauts des pompes, les fuites dans le circuit, l'arrêt de deux échangeurs en même temps, PH acide des eaux barométriques. Comme on a utilisé des alarmes analogiques pour le NH, NB du bac d'eau usée.



N°	Heure	Date	Etat	Texte	GR
5	13:15:36	21/05/2019	A	DEFAUT POMPE P6	0
6	13:15:36	21/05/2019	A	DEFAUT POMPE P4	0
1	13:15:36	21/05/2019	A	DEFAUT POMPE P1	0
2	13:15:36	21/05/2019	A	DEFAUT POMPE P2	0
9	13:15:36	21/05/2019	A	DEFAUT POMPE P5	0
2	13:15:36	21/05/2019	A	LL LEVEL	0
4	13:15:36	21/05/2019	A	DEFAUT POMPE SECOURS PS1	0
7	13:15:36	21/05/2019	A	DEFAUT POMPE P3	0

Figure IV.23 : Vue des alarmes.

IV.6 Conclusion

Dans ce chapitre on a vu les principales étapes de la création du programme avec STEP7 pour le système de création du vide, comme on a donné la structure de notre programme, on a aussi présenté le S7-PLSIM qui est une application de STEP7, cette application permet de tester le programme élaboré avec STEP7, afin de corriger les éventuels erreurs dans le programme avant de passer à l'implémentation sur la CPU de l'automate.

Enfin on a présenté le logiciel de supervision WinCC flexible qui permet de réaliser une IHM capable de visualiser en temps réel l'évolution des deux boucles de notre système, comme elle permet commander et contrôler le système pour maintenir un PH basique des eaux barométrique et avoir un niveau fixe dans le bac d'eau usée, afin d'avoir le vide souhaité.

Conclusion générale

Conclusion générale

A l'issue de cette étude, nous avons été amenés d'une part à faire face à plusieurs disciplines telles que la mécanique, l'électricité, l'automatisme et d'autre part, nous avons pu confronter nos connaissances théoriques au monde industriel. Au cours de notre stage au sein du complexe CEVITAL, nous avons pu comprendre le fonctionnement principal de la raffinerie d'huile et précisément la station de création de vide.

Nous avons présenté notre projet qui consiste à l'automatisation de la régulation de niveau d'eau du bac d'eau usée dans le but d'éviter le débordement du bac, l'automatisation de la régulation de PH des eaux barométriques et le contrôle de l'injection de la soude qui aide à éviter la création de la mousse dans le circuit. Ainsi que l'automatisation complète du système qui doit répondre aux exigences du cahier des charges.

Cette étude nous a permis de remédier aux différents problèmes existants et d'adapter des améliorations pour le système. Pour ce faire, on a procédé par plusieurs étapes.

Nous avons entamé le travail en premier lieu par la réalisation d'un GRAFCET, ensuite élaborer un programme sous STEP7 en langage « CONT », qui remplit toutes les conditions du bon fonctionnement du système, pour pouvoir l'implémenter dans l'automate programmable S7-300.

En dernier lieu nous avons, réalisé une supervision qui sert à gérer le fonctionnement du système et visualiser en temps réel l'évolution de l'état d'un système automatisé et maintenir un fonctionnement optimal d'un système.

Nous espérons enfin que ce travail sera une meilleure solution à la problématique posée et nous estimons de l'entreprise CIVITAL, ainsi que les futures promotions y tireront profit.

Bibliographie

Références Bibliographiques

- [1] : Documentation interne de complexe CEVITAL.
- [2] : Technique du vide, Institut national de physique nucléaire et de physique des particules, Mars 2011.
- [3] : «guide des automatismes » V7.2007.
- [4] : L. LECLERCL, « production du vide», technique de l'ingénieur, traité Génie Mécanique BM 4270
- [5] : TIERRY SCHANEN, « guide des automatismes »2001/2005.
- [6] : ADEL CHBEB, « cours automatique et commande de procédés», école nationale.
- [7] : MICHEL BENSOAM, « notions d'asservissement et de la régulations génie électrique » 2000-2001.
- [9] : MOEZ ALLOUCHE ET AHMED BENAYED, cours d'asservissement et régulation.
- [10] : KADRI AHMED, « cours de régulation automatique ».
- [11] : Aide de SIMATIC manager STEP V5.5 2007.
- [12] : Philippe LE BRUN, Lycée Louis ARMAND, « Automates programmables », 1999.
- [13] : J.C BOSSY, DMERTH. « Automatique appliqué », édition 1985.
- [14] : D.HUBET. «Introduction aux automatismes industriels », technique de l'ingénieur 2008.
- [15] : PHILIPPE RYMOND. Notes cours –BTS- octobre 2005.
- [16] : M Bertrand. «Automates programmables industriels».PDF. Techniques de l'ingénieur. (2010)
- [17] : Dr.Ir.H.LECOCQ. «Automates programmables», tome I.
- [18] : WILLIAM BOLTON, «Automates programmables industriels».édition 2010,2015.
- [19] : L.BERGOUGNOUX, « A.P.I Automates programmables industriels».polytech'marseille 2004,2005.
- [20] : Manuel Système d'automatisation S7-300 Caractéristiques des modules 2013.
- [21] : manuel SIEMENS SIMATIC « programmer avec STEP7», référence : 6ES7810-4CA08-8CW0. Edition 03/2006.
- [22] : Aide de S7-PLCSIM V5.4 SP5.
- [23] : Aide de WINCC flexible version 2008 SP2.

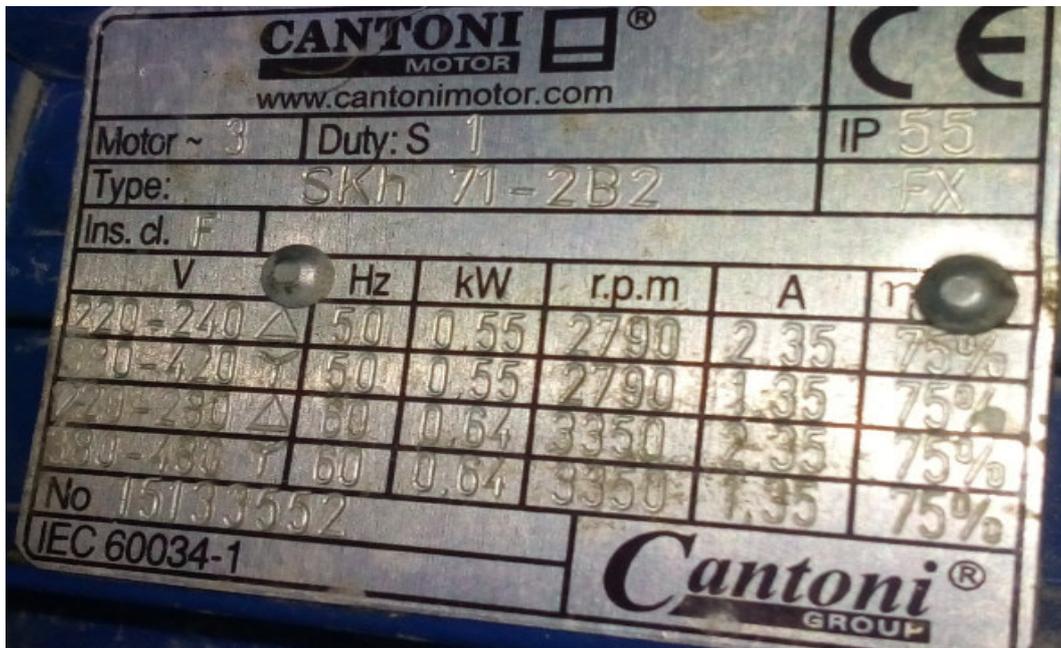
Site web

- [8] : HACHEMI KHATECHI , [http://www.technologuepro.com/cours-genie électrique/cours-6-régulation-industriel](http://www.technologuepro.com/cours-genie-electrique/cours-6-regulation-industriel).

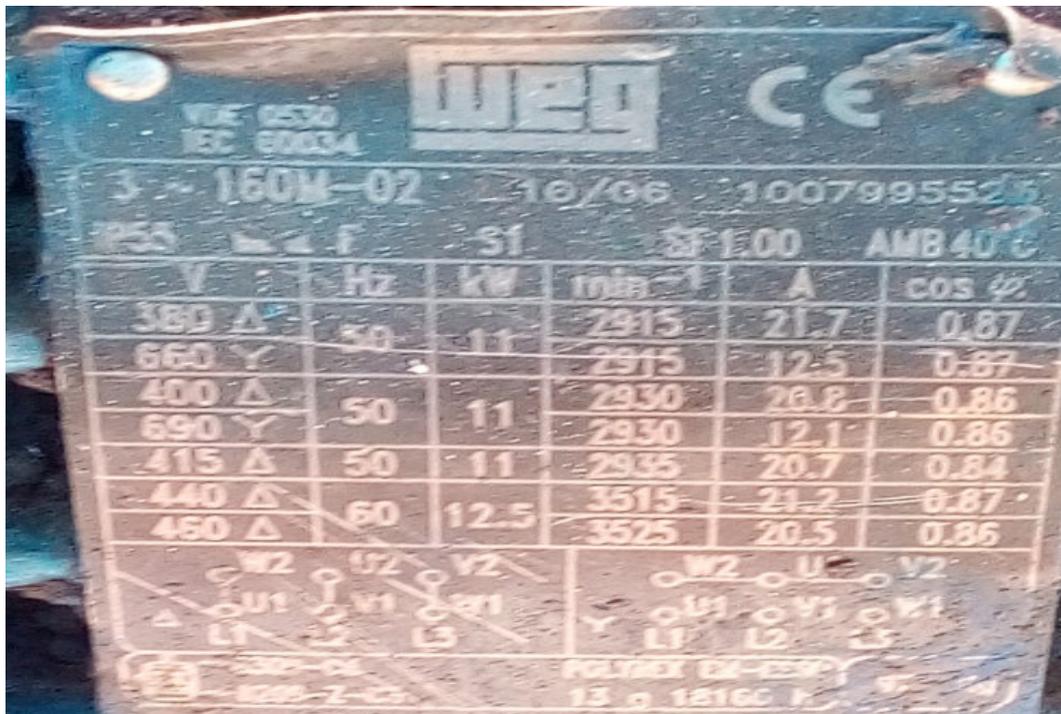
Annexe

ANNEXE 1

La plaque signalétique de la pompe doseuse :

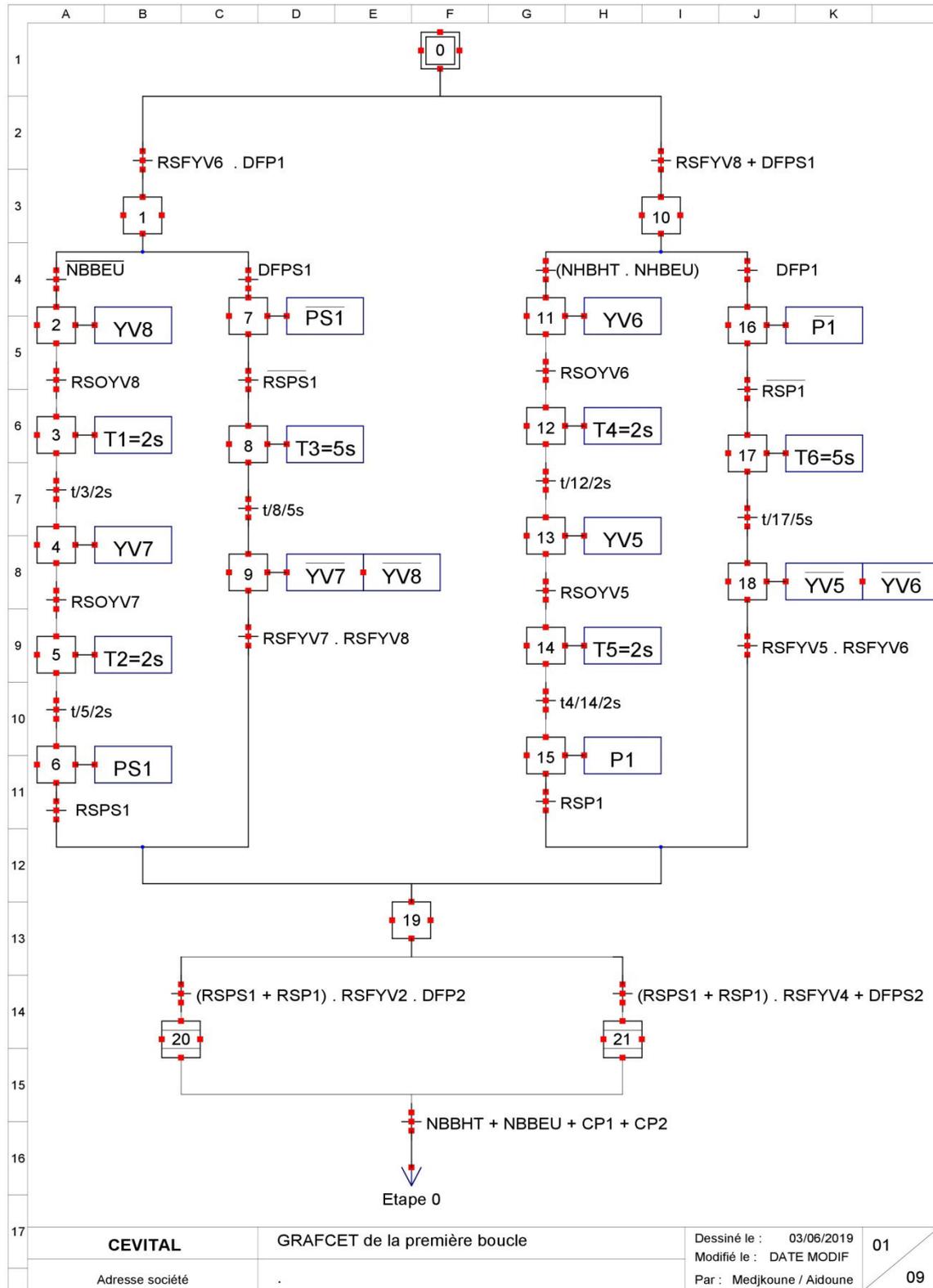


La plaque signalétique du moteur de la pompe centrifuge :



ANNEXE 2

Le GRAFCET suivant représente la première boucle :



CEVITAL

GRAFCET de la première boucle

Dessiné le : 03/06/2019

01

Modifié le : DATE MODIF

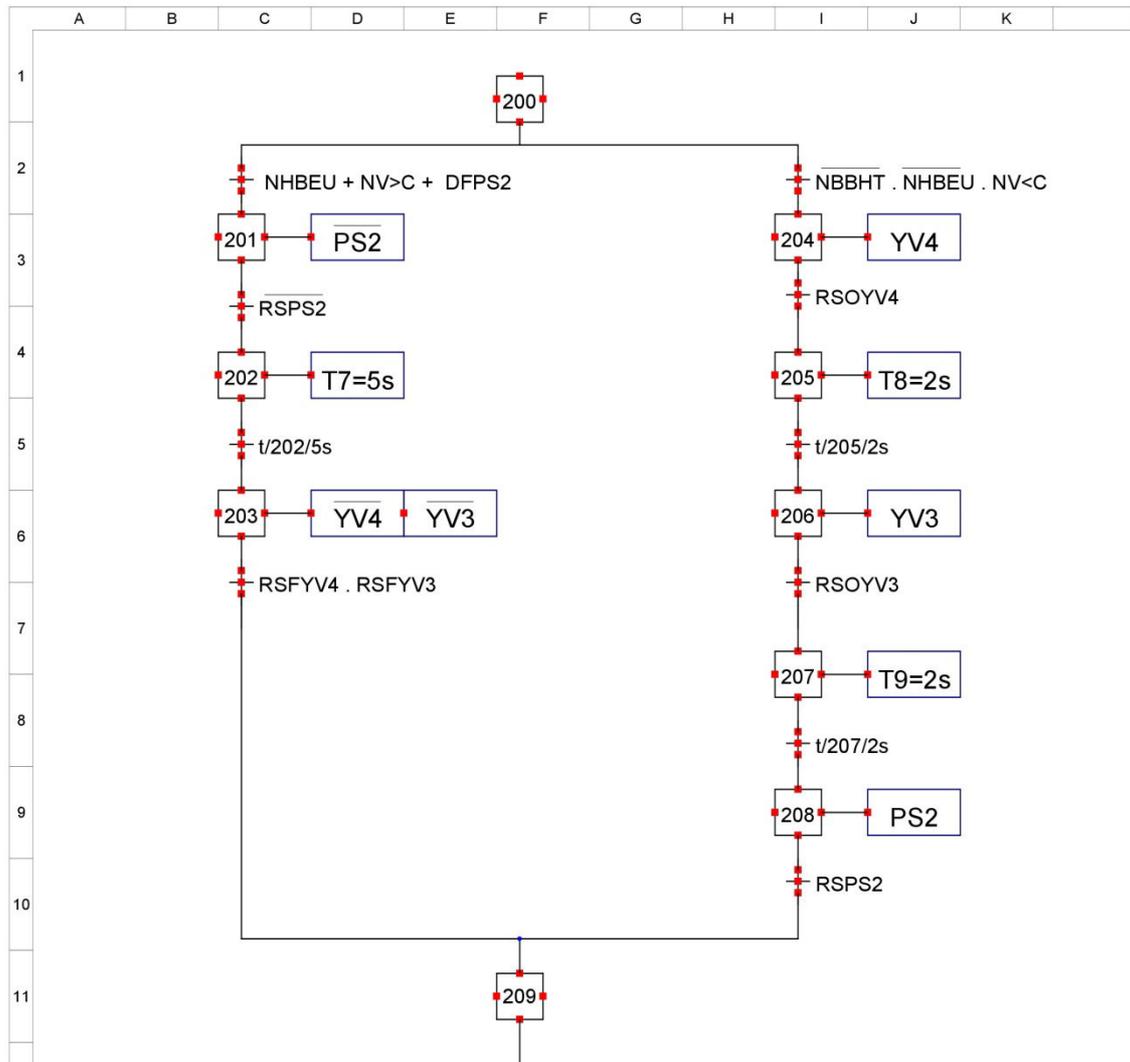
Par : Medjkoune / Aidoune

09

Adresse société

ANNEXE 2

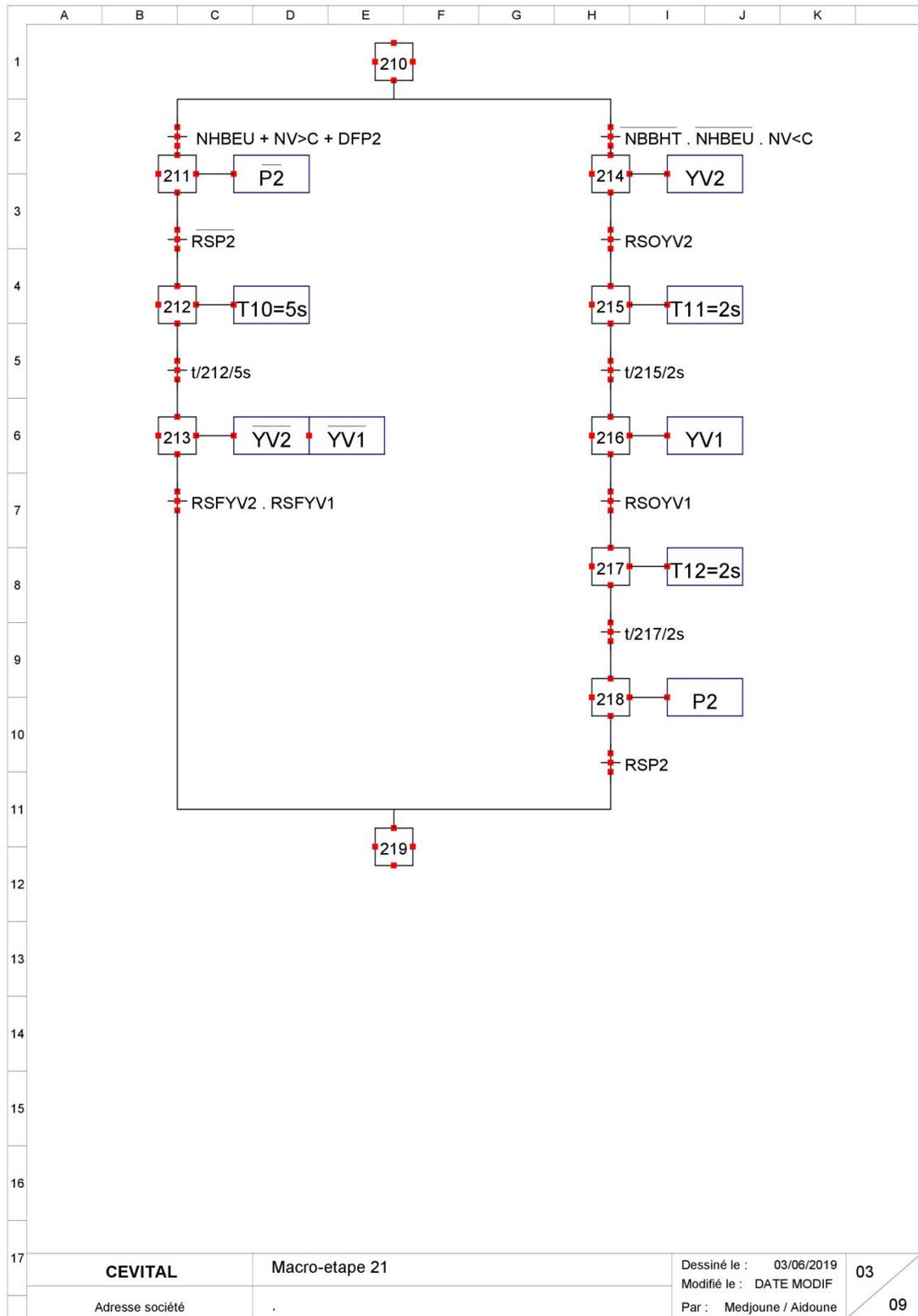
Le GRAFCET suivant représente la macro-étape 20 :



17	CEVITAL	Macro-etape 20	Dessiné le : 03/06/2019	02
	Adresse société	.	Modifié le : DATE MODIF	
			Par : Medjkoune / Aidoune	09

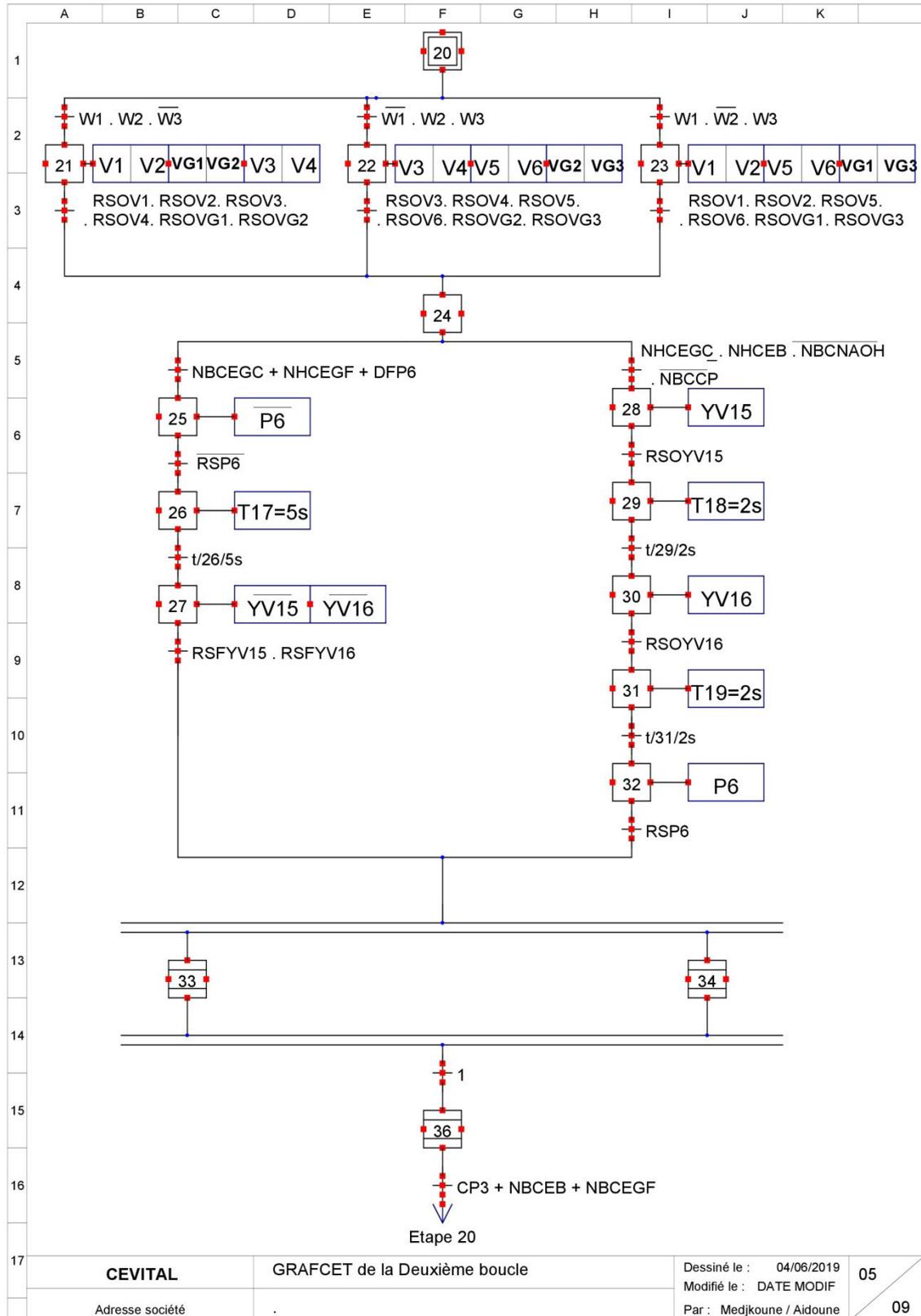
ANNEXE 2

Le GRAFCET suivant représente la macro-étape 21 :



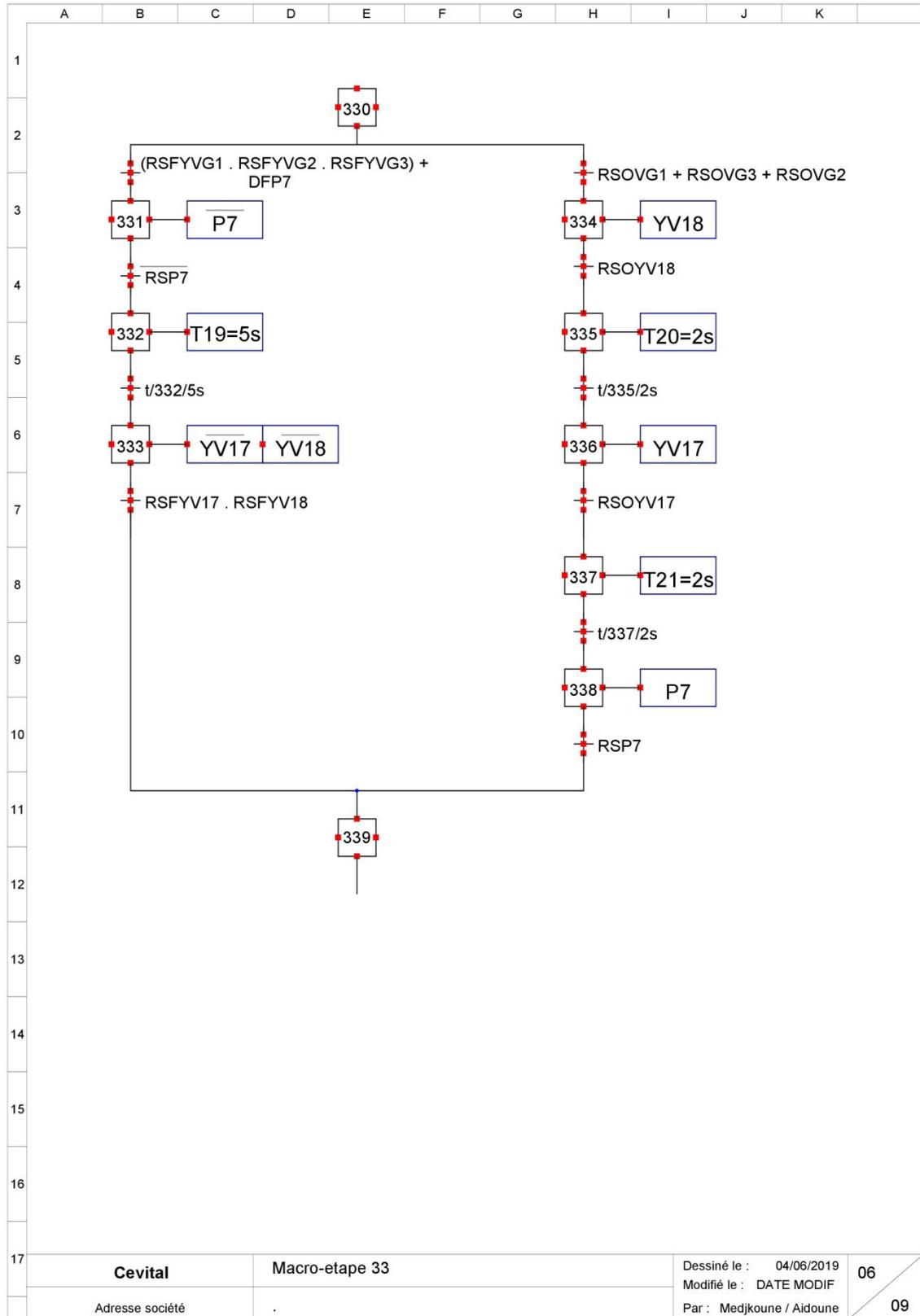
ANNEXE 3

Le GRAFCET suivant représente la deuxième boucle :



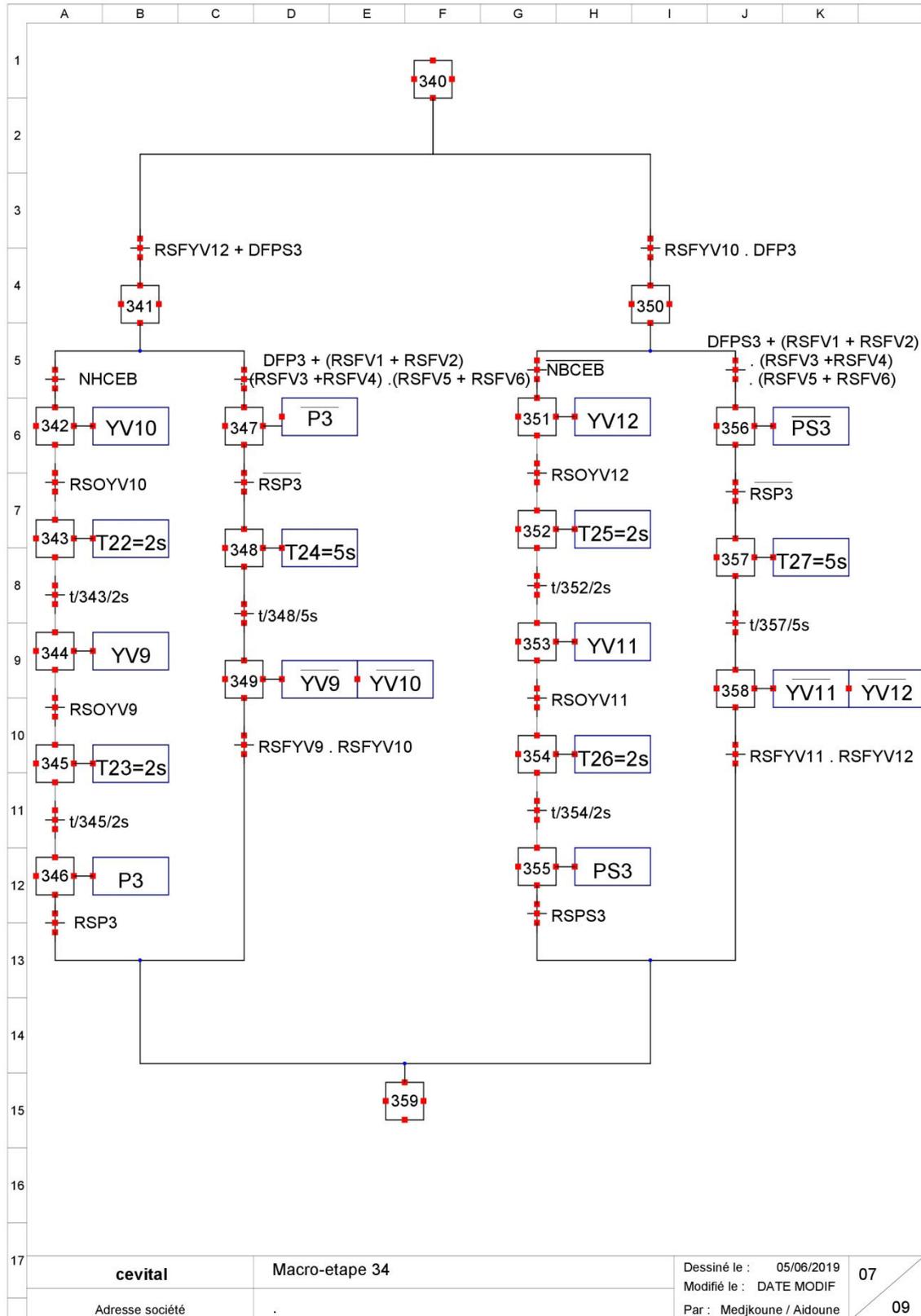
ANNEXE 3

Le GRAFCET suivant représente la macro-étape 33 :



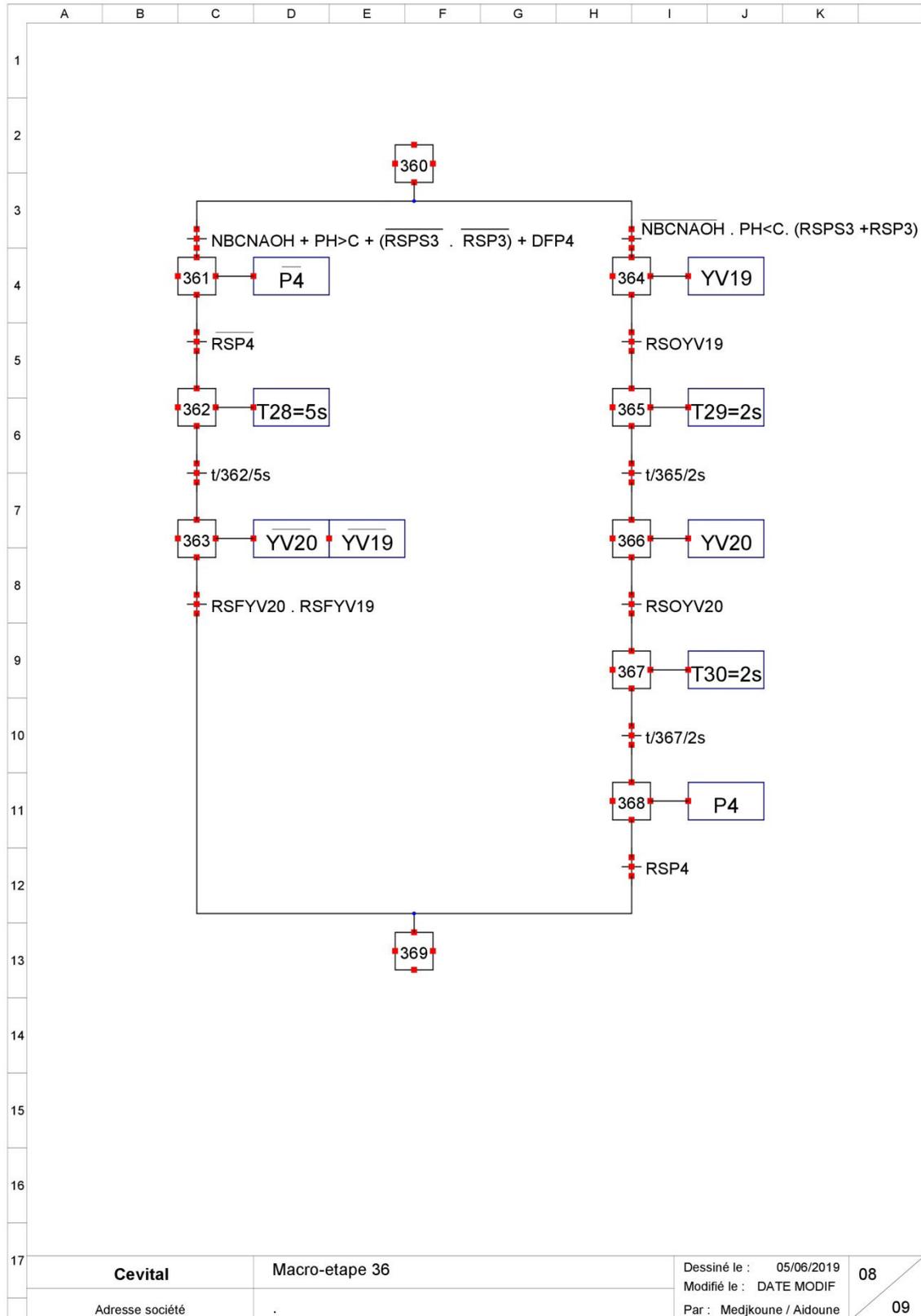
ANNEXE 3

Le GRAFCET suivant représente la macro-étape 34 :



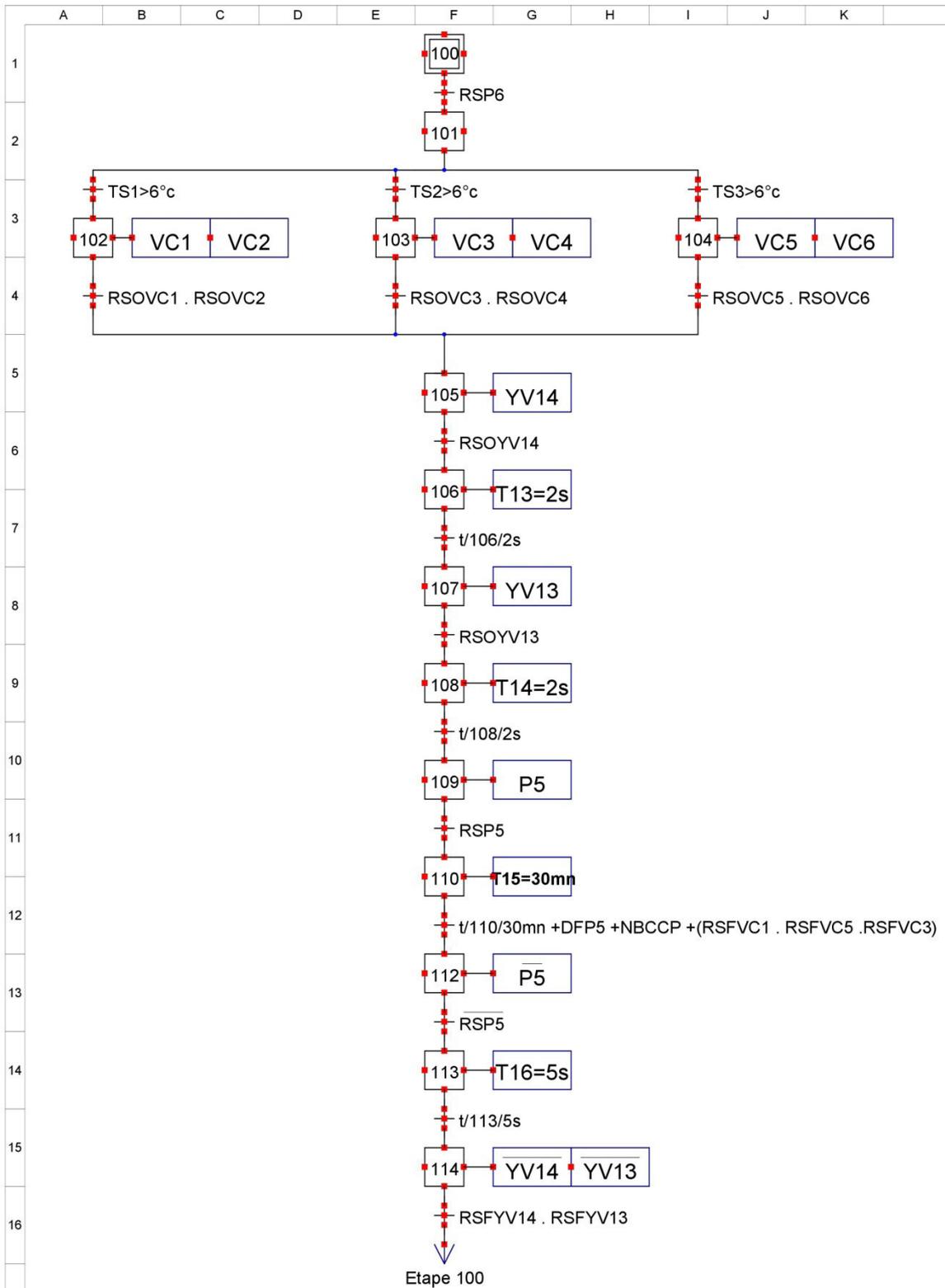
ANNEXE 3

Le GRAFCET suivant représente la macro-étape 36 :



ANNEXE 3

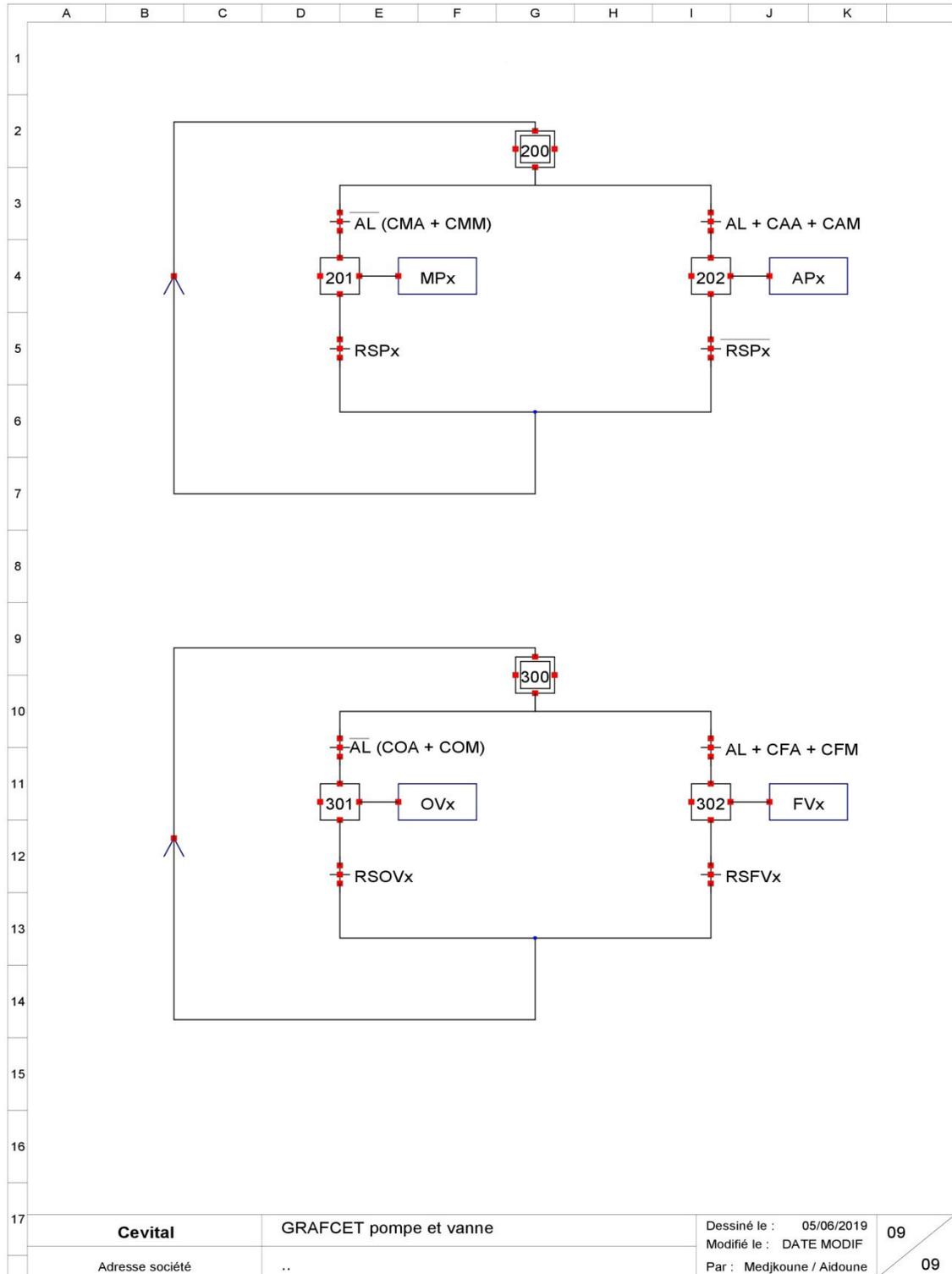
Le GRAFCET suivant représente le fonctionnement du CP :



CEVITAL	GRAFCET DE CP	Dessiné le : 03/06/2019	04
Adresse société	.	Modifié le : DATE MODIF	09
		Par : Medjouné / Aidoune	

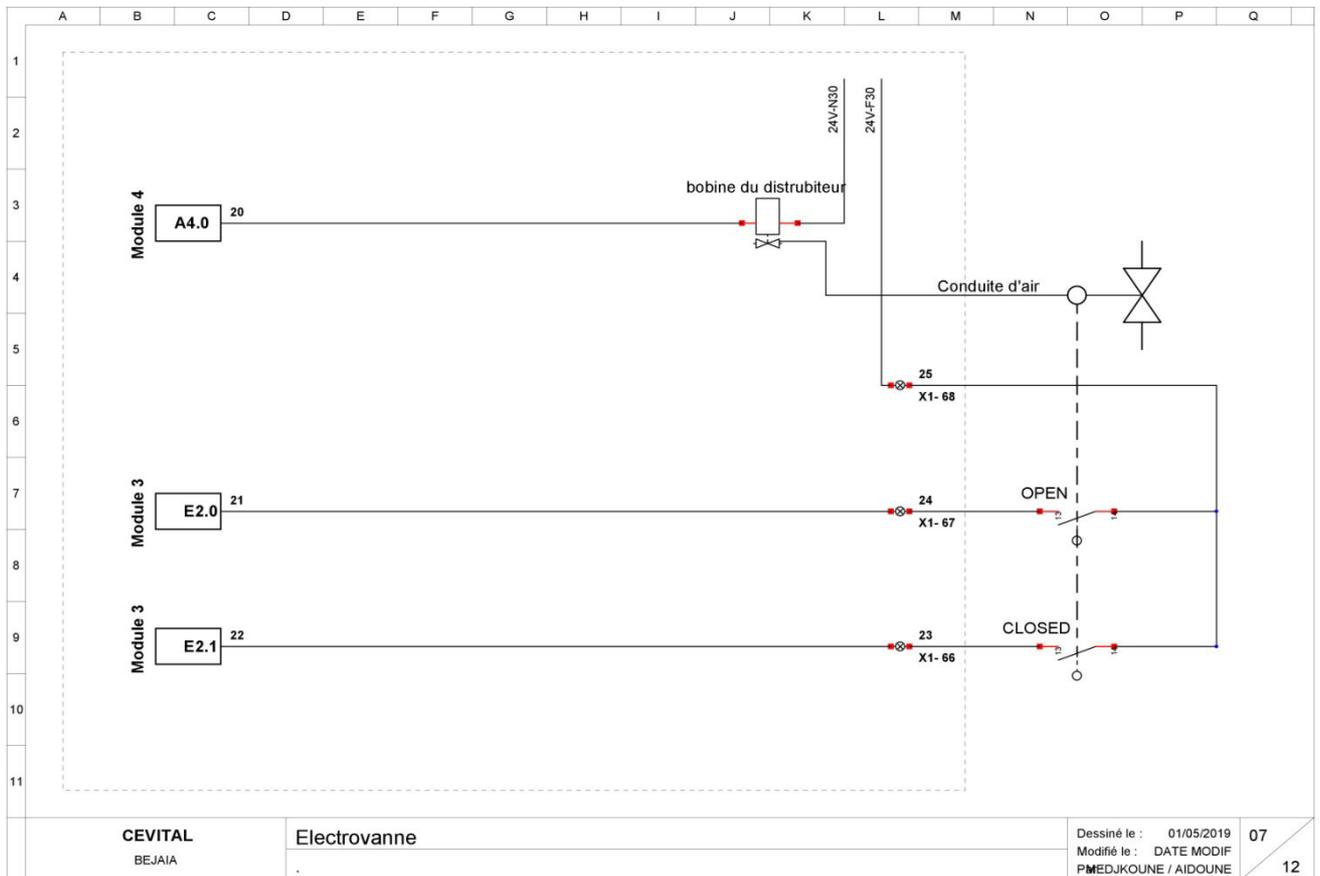
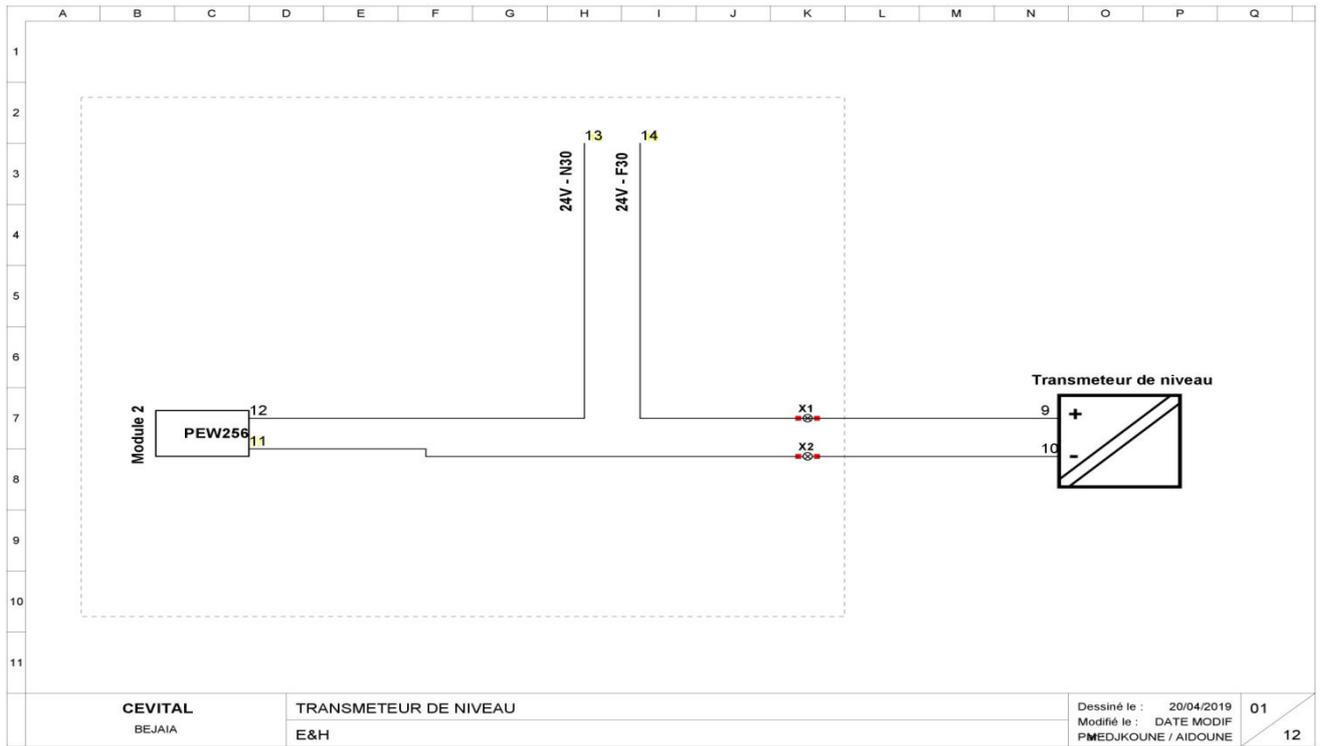
ANNEXE 4

Les GRAFCET suivants représentent le fonctionnement général des pompes et des vannes respectivement :



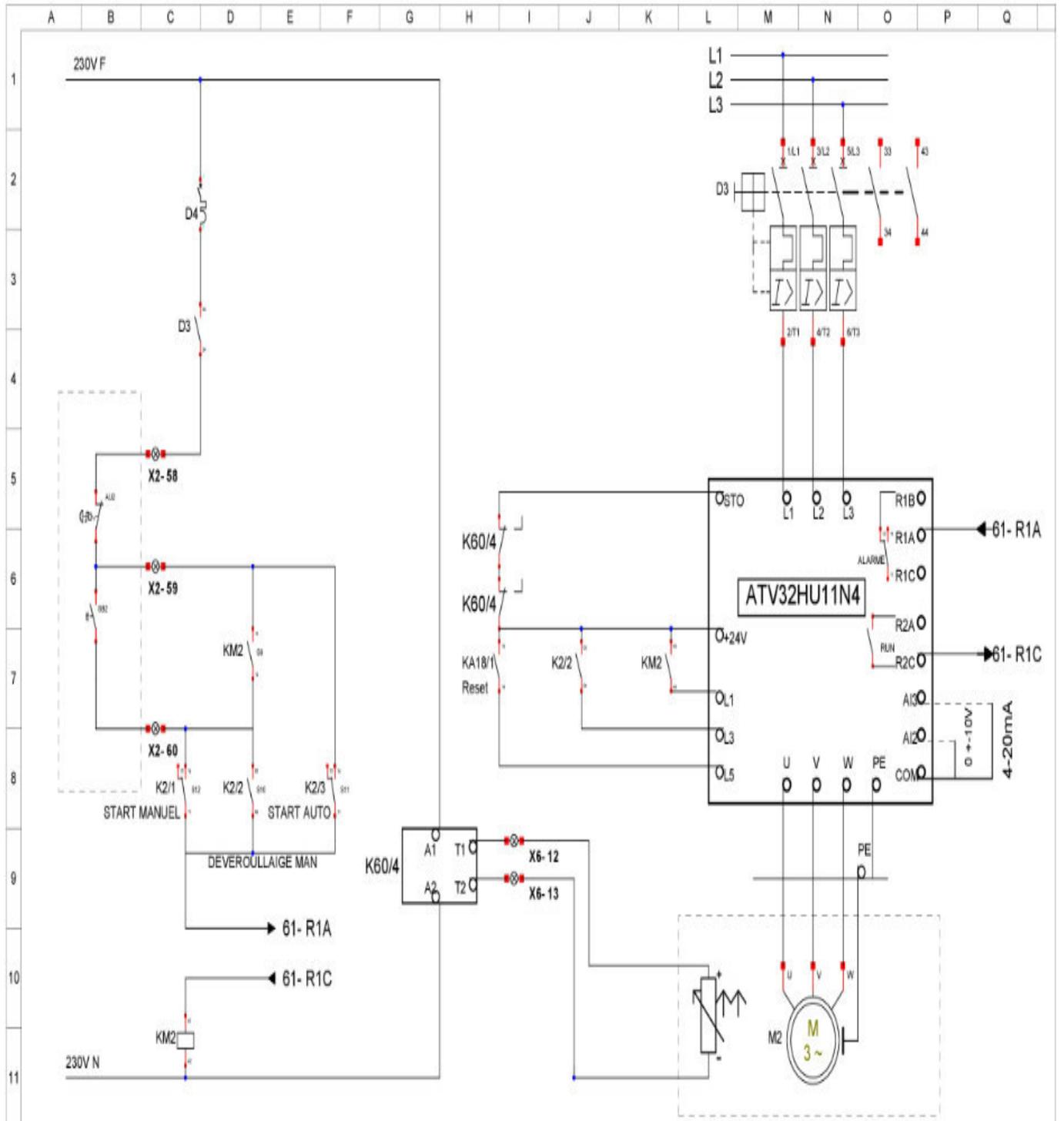
ANNEXE 5

Le schéma électrique de câblage d'un transmetteur de niveau et d'une electrovanne :



ANNEXE 5

Le schéma électrique de cablage d'une pompe avec variateur de vitesse ATV32 :



CEVITAL
BEJAIA

POMPE AVEC VARIATEUR ATV32

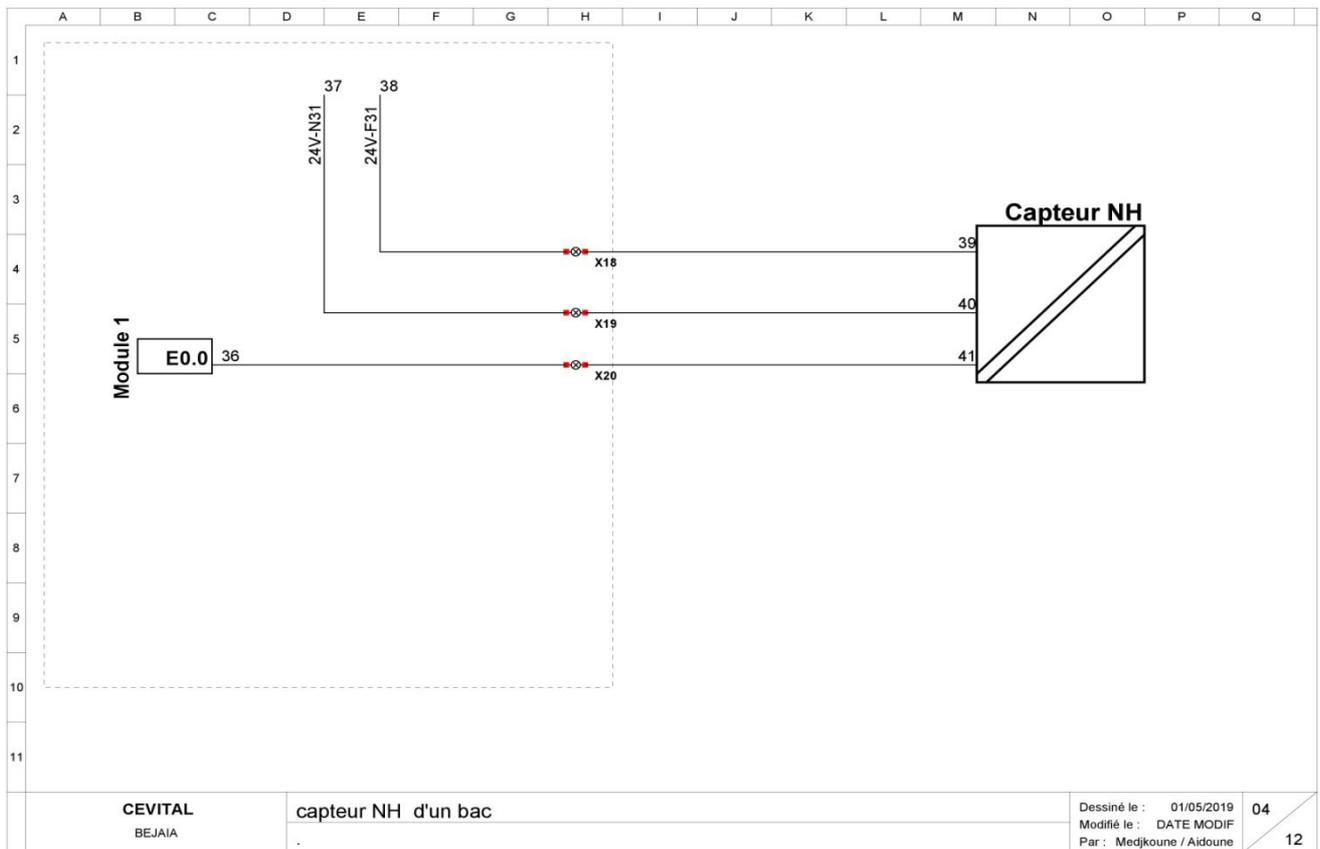
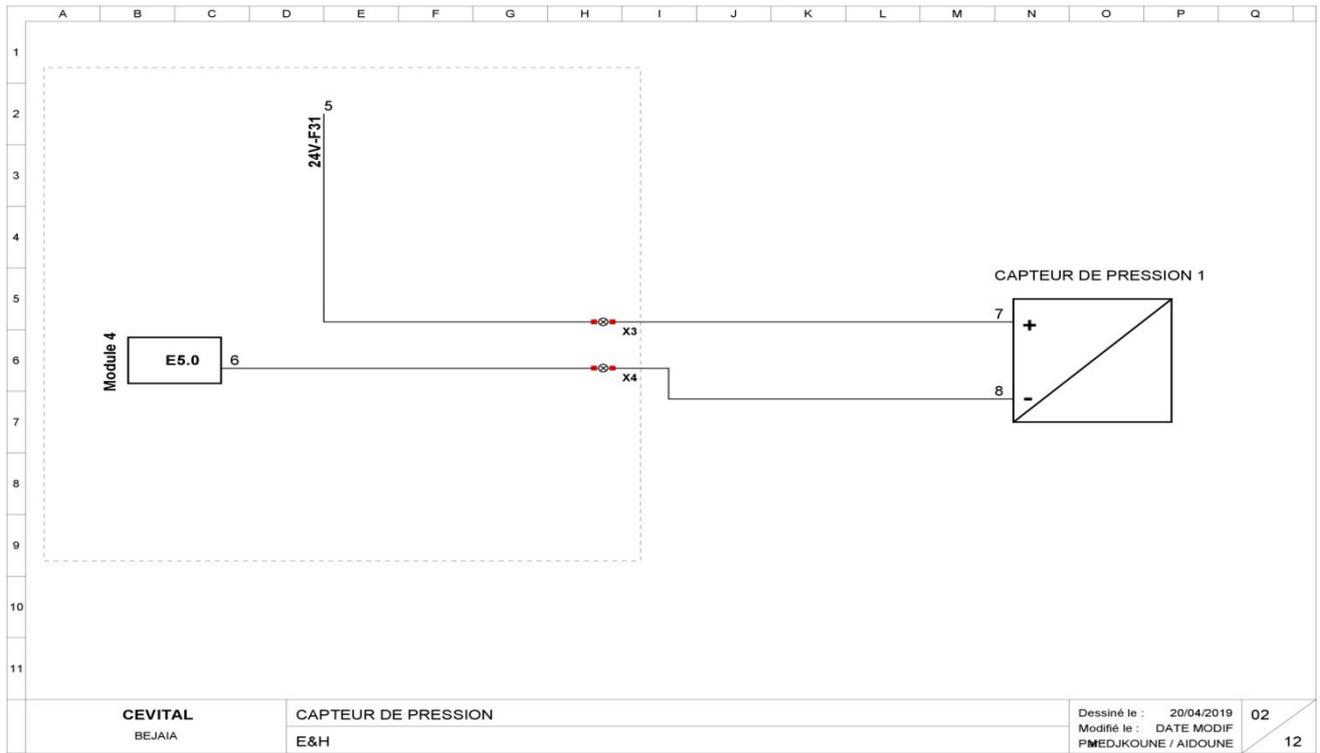
Dessiné le : 10/05/2019
Modifié le : DATE MODIF
Par : Medkouné /Aidoune

10

12

ANNEXE 5

Le schéma électrique de cablage d'un détecteur de niveau haut et un capteur de pression



ANNEXE 6

Réseau : 1 Régulateur de niveau d'eau du bac eau usée



ANNEXE 6

SIMATIC

mémoire\SIMATIC

10/06/2019 17:59:52

300(1)\CPU 313C-2 DP\...\DB5 - <offline>

DB5 - <offline> - Vue des déclarations

"DB de FB 41" Regulateur de Bac

Bloc de données (DB) global 5

Nom : Famille :

Auteur : Version : 0.1

Horodatage Code : 28/03/2019 00:04:46

Interface : 28/03/2019 00:04:46

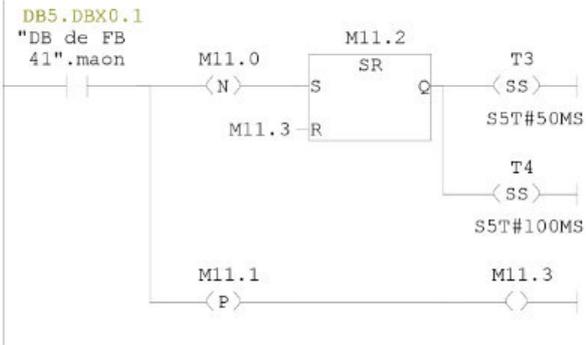
Longueur (bloc/code /données locales) : 00142 00028 00000

Bloc : DB5

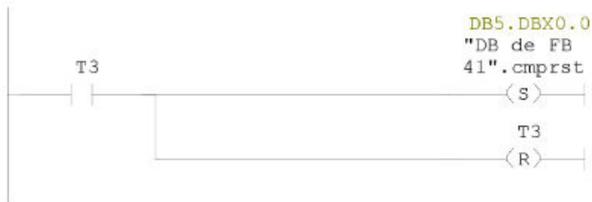
Adresse	Nom	Type	Valeur initiale	Commentaire
0.0		STRUCT		
+0.0	cmprst	BOOL	FALSE	
+0.1	maon	BOOL	FALSE	
+0.2	pvperon	BOOL	FALSE	
+0.3	psel	BOOL	FALSE	
+0.4	isel	BOOL	FALSE	
+0.5	dssel	BOOL	FALSE	
+2.0	SP	REAL	0.000000e+000	
+6.0	MAN	REAL	0.000000e+000	
+10.0	GAIN	REAL	0.000000e+000	
+14.0	TI	TIME	T#0MS	
+18.0	TD	TIME	T#0MS	
+22.0	sortie	WORD	W#16#0	
+24.0	MV	REAL	0.000000e+000	
=28.0		END_STRUCT		

ANNEXE 6

Réseau : 9 Initialisation de FB41 NV



Réseau : 10 Initialisation de FB41 NV



Réseau : 11 Initialisation de FB41 NV

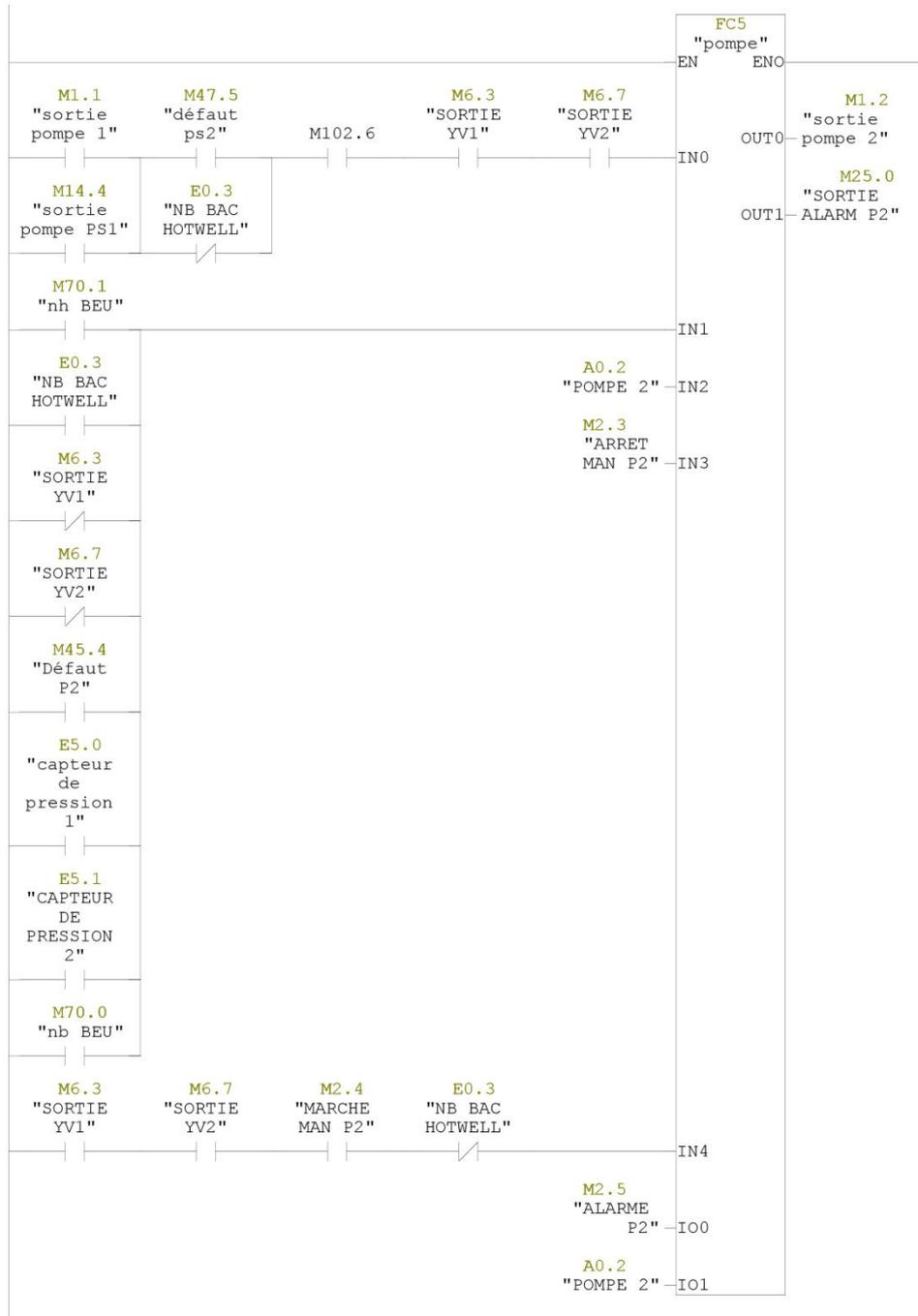


ANNEXE 6

SIMATIC
mémoire\SIMATIC
10/06/2019 18:12:40

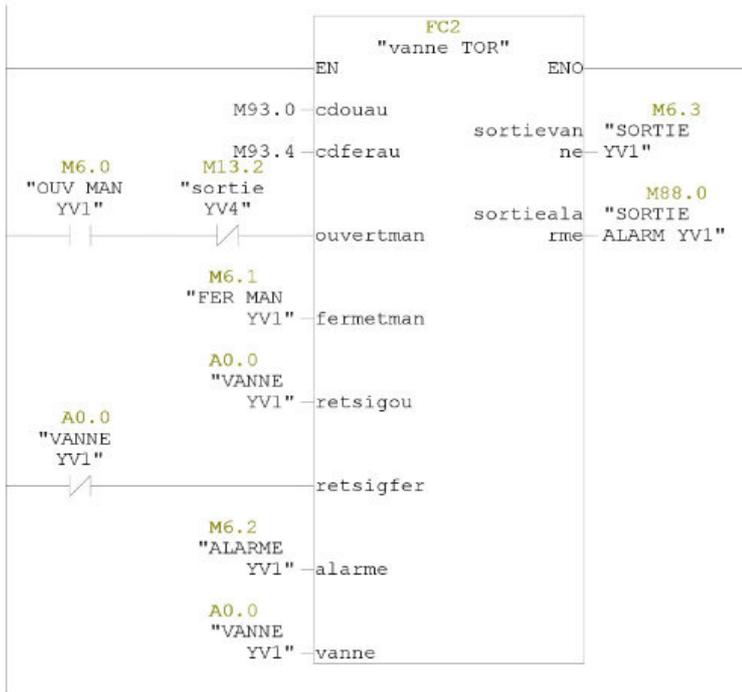
300(1)\CPU 313C-2 DP\...\OB1 - <offline>

Réseau : 5	POMPE P2

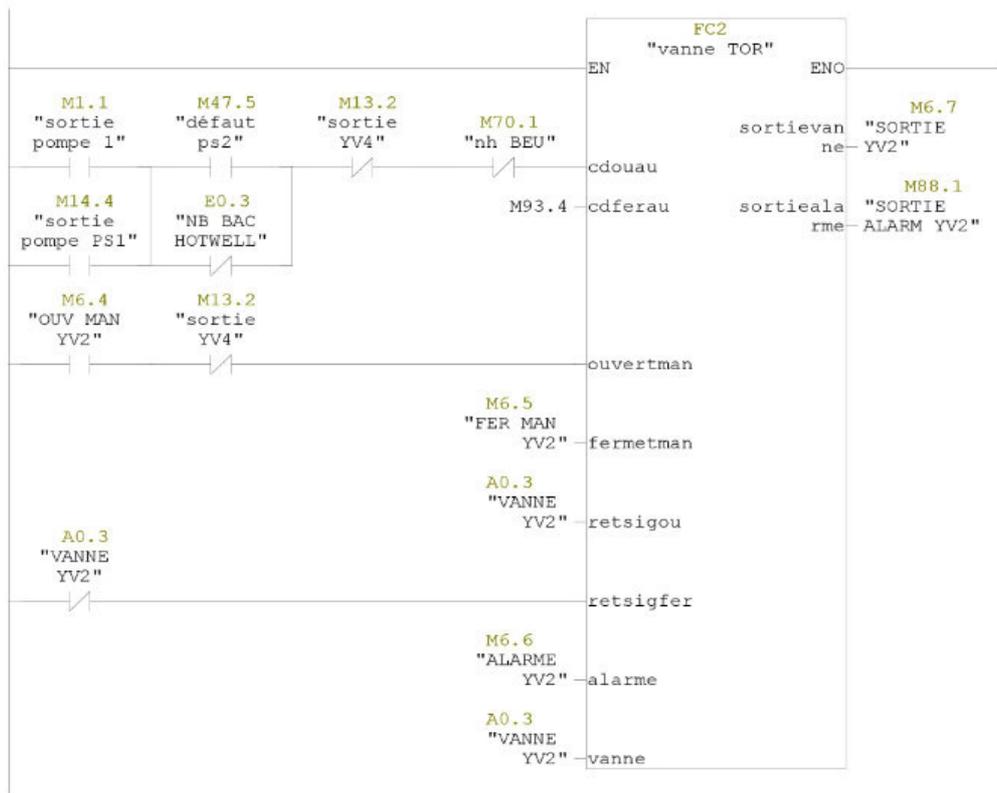


ANNEXE 6

Réseau : 15 Vanne d'aspiration YV1



Réseau : 20 Vanne de refoulement YV2



ANNEXE 6

Réseau : 16 Tempo demarrage P2



SIMATIC mémoire\SIMATIC 10/06/2019 18:12:41
300(1)\CPU 313C-2 DP\...\OB1 - <offline>

Réseau : 17 Tempo demarrage P2



Réseau : 18 tempo d'ouverture yv1



Réseau : 19 tempo d'ouverture yv1



ANNEXE 6

SIMATIC

mémoire\SIMATIC
300(1)\CPU 313C-2 DP\...\OB1 - <offline>

10/06/2019 18:12:40

Réseau : 6 Arret vannes yv1 et yv2



Réseau : 7 Arret vannes yv1 et yv2



ANNEXE 6

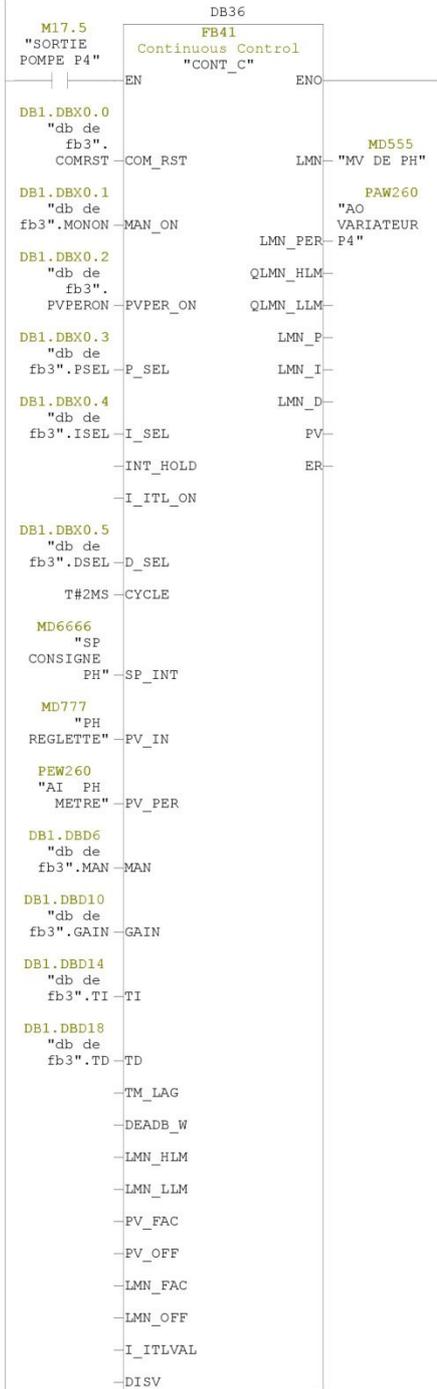
SIMATIC

mémoire\SIMATIC

10/06/2019 18:05:05

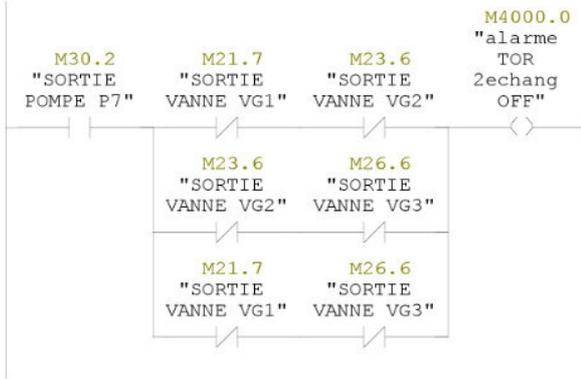
300(1)\CPU 313C-2 DP\...\OB35 - <offline>

Réseau : 2 Régulateur de PH des eaux barométriques

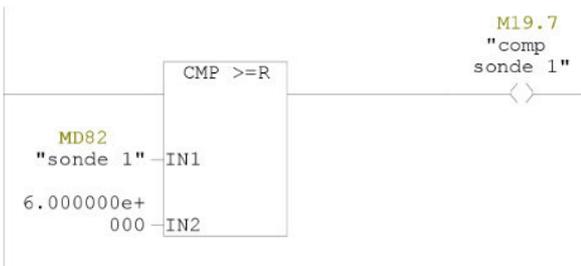


ANNEXE 6

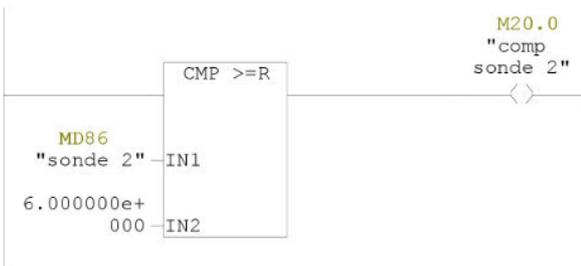
Réseau : 135 Alarme 2 échangeurs en arret



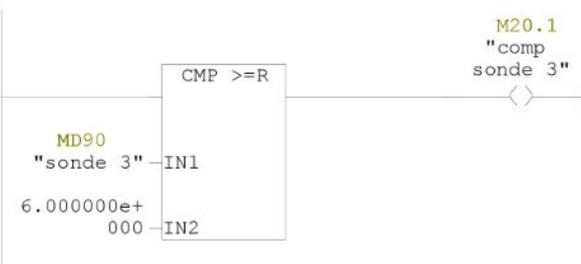
Réseau : 62 Condition CP échangeur1



Réseau : 63 Condition CP échangeur2



Réseau : 64 Condition CP échangeur3

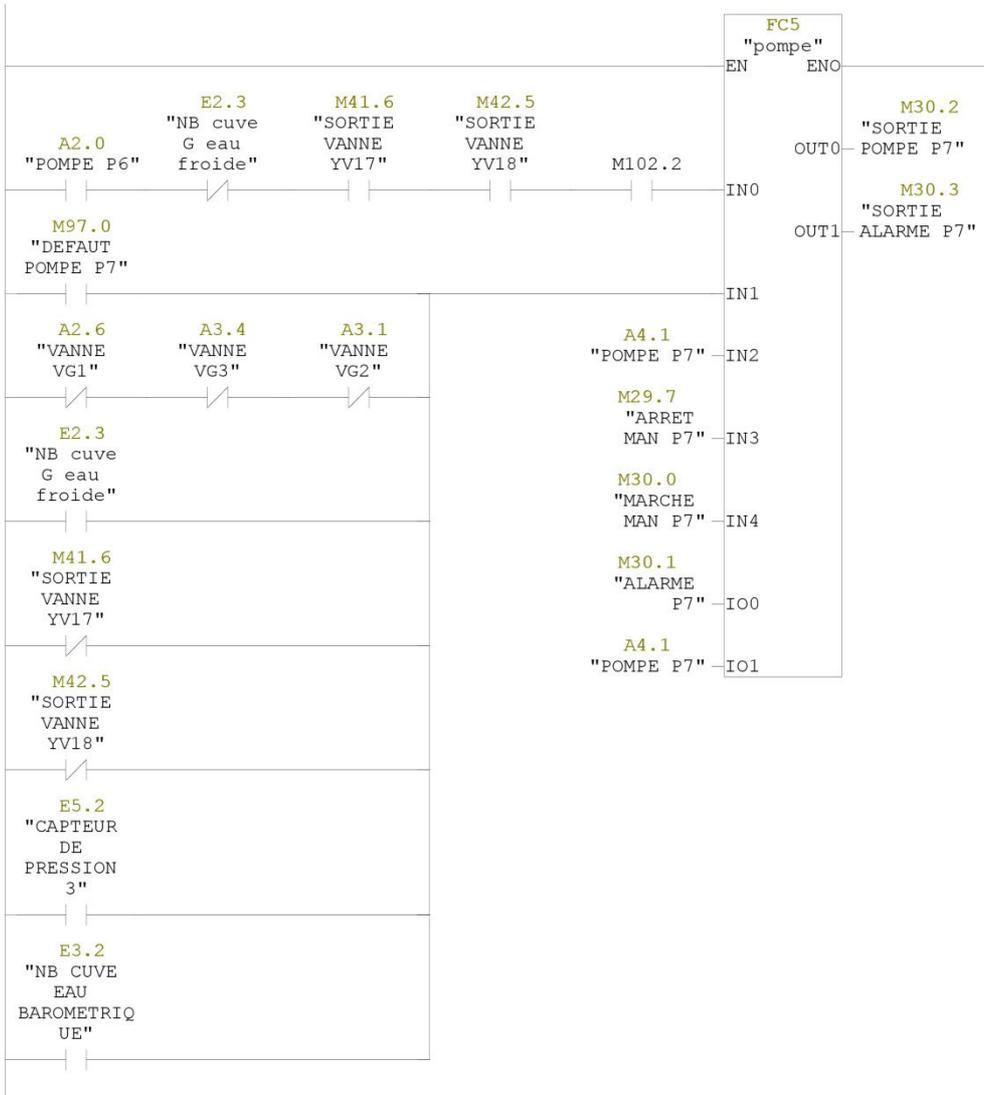


ANNEXE 6

SIMATIC
mémoire\SIMATIC
10/06/2019 18:12:43

300(1)\CPU 313C-2 DP\...\OB1 - <offline>

Réseau : 81 POMPE P7



ANNEXE 6

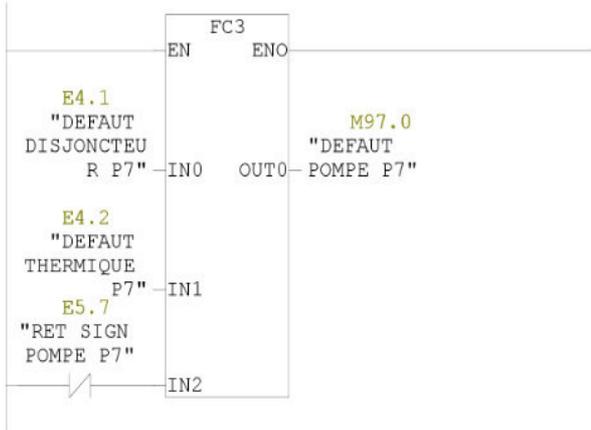
SIMATIC

mémoire\SIMATIC

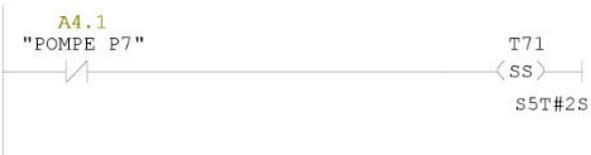
10/06/2019 18:12:43

300(1)\CPU 313C-2 DP\...\OB1 - <offline>

Réseau : 82 DEFAUT POMPE P7



Réseau : 129 tempo arret yv17 et yv18



Réseau : 130 tempo arret yv17 et yv18



ANNEXE 6

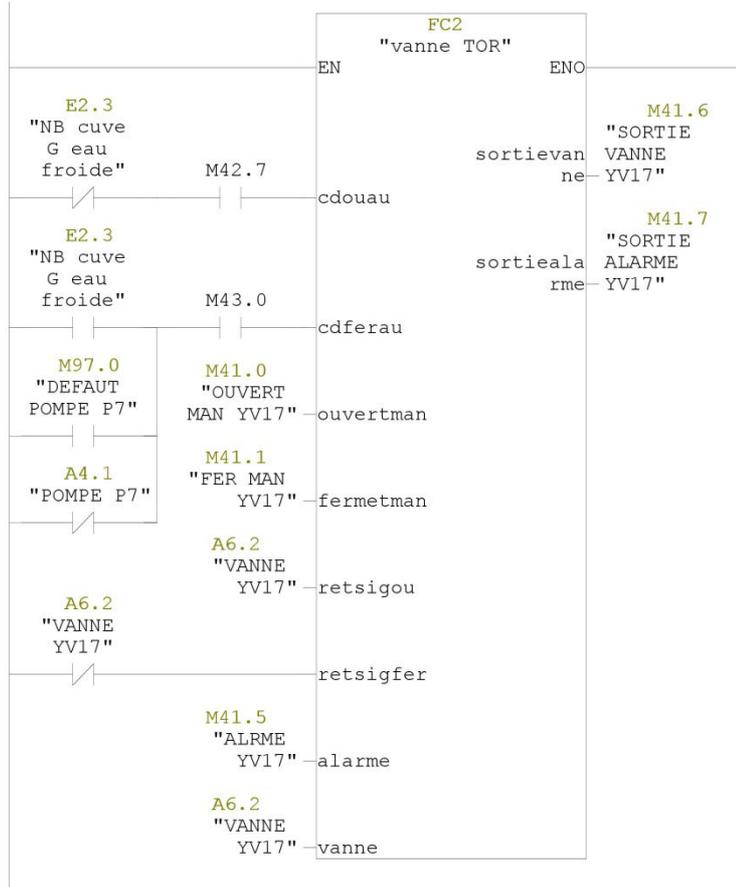
SIMATIC

mémoire\SIMATIC

10/06/2019 18:12:43

300(1)\CPU 313C-2 DP\...\OB1 - <offline>

Réseau : 123 VANNE d'aspiration YV17



ANNEXE 6

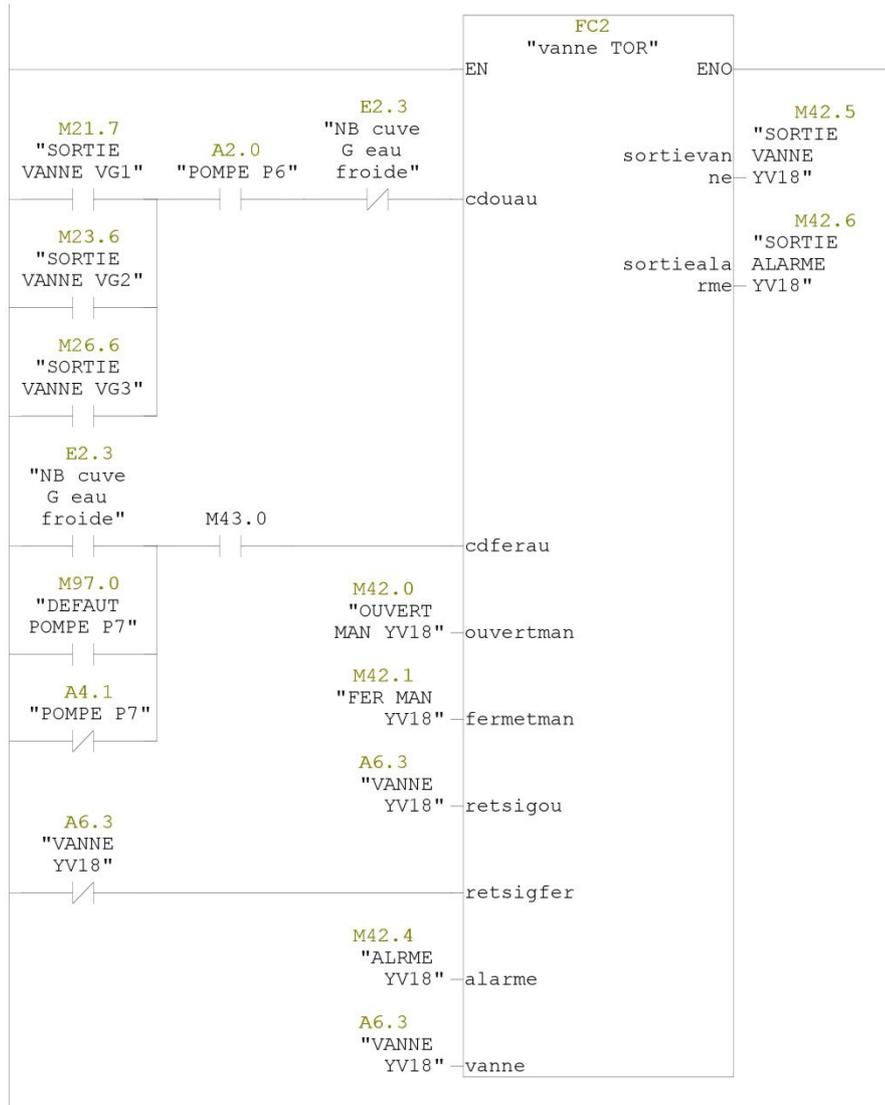
SIMATIC

mémoire\SIMATIC

10/06/2019 18:12:43

300(1)\CPU 313C-2 DP\...\OB1 - <offline>

Réseau : 124	Vanne de refoulement YV18



ANNEXE 6

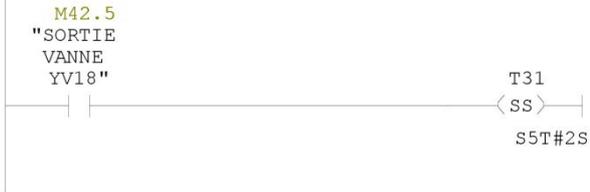
SIMATIC

mémoire\SIMATIC

10/06/2019 23:30:35

300(1)\CPU 313C-2 DP\...\OB1 - <offline>

Réseau : 125 tempo ouverture yv17



Réseau : 126 tempo ouverture yv17



Réseau : 127 tempo démarrage P7

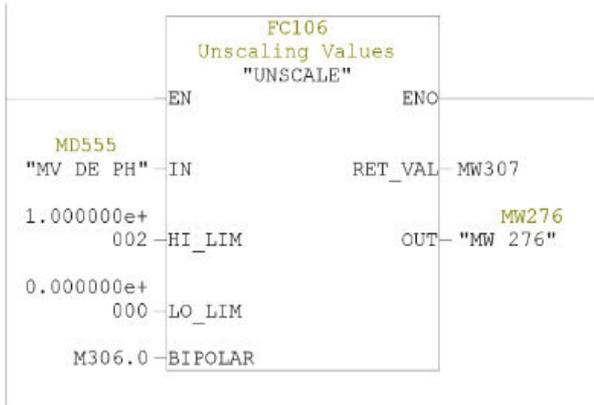


Réseau : 128 tempo démarrage P7

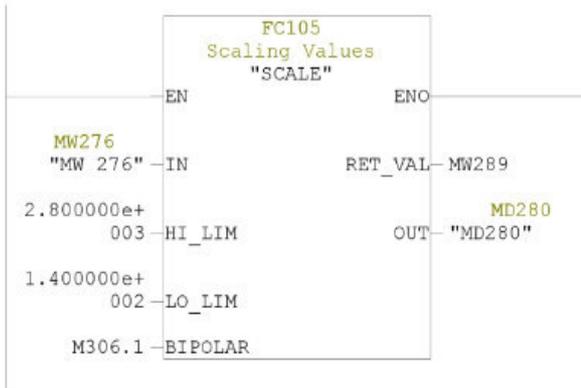


ANNEXE 6

Réseau : 48 Annuler la mise en échelle



Réseau : 49 mise en échelle



ANNEXE 6

SIMATIC

mémoire\SIMATIC

10/06/2019 18:03:21

300(1)\CPU 313C-2 DP\...\FC3 - <offline>

FC3 - <offline>

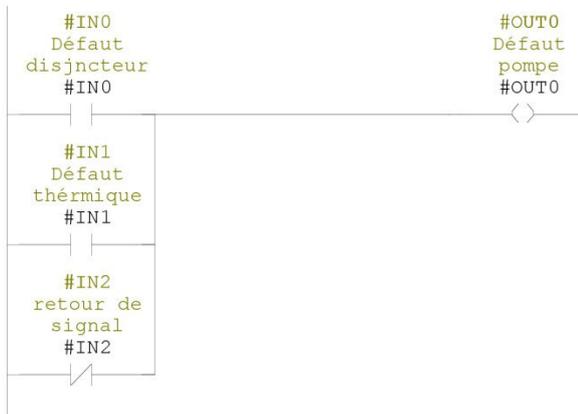
""

Nom : Famille :
Auteur : Version : 0.1
Version de bloc : 2
Horodatage Code : 10/06/2019 17:53:05
Interface : 31/03/2019 21:49:49
Longueur (bloc/code /données locales) : 00118 00018 00000

Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
IN		0.0	
IN0	Bool	0.0	Défaut disjuncteur
IN1	Bool	0.1	Défaut thermique
IN2	Bool	0.2	retour de signal
OUT		0.0	
OUT0	Bool	2.0	Défaut pompe
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Bloc : FC3 Fonction défaut

Réseau : 1



ANNEXE 6

SIMATIC

mémoire\SIMATIC

10/06/2019 18:00:53

300(1)\CPU 313C-2 DP\...\FC2 - <offline>

FC2 - <offline>

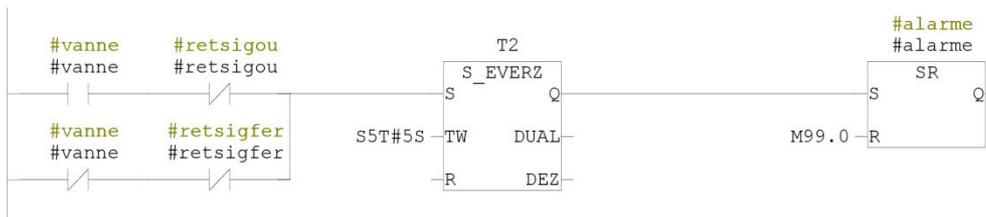
"vanne TOR"

Nom : Famille :
Auteur : Version : 0.1
 Version de bloc : 2
Horodatage Code : 10/06/2019 17:52:29
Interface : 27/03/2019 15:17:40
Longueur (bloc/code /données locales) : 00228 00108 00000

Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
IN		0.0	
cdouau	Bool	0.0	
cdferau	Bool	0.1	
ouvertman	Bool	0.2	
fermetman	Bool	0.3	
retsigou	Bool	0.4	
retsigfer	Bool	0.5	
OUT		0.0	
sortievanne	Bool	2.0	
sortiealarme	Bool	2.1	
IN_OUT		0.0	
alarme	Bool	4.0	
vanne	Bool	4.1	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Bloc : FC2 Fonction vanne

Réseau : 1 alarme vanne



ANNEXE 6

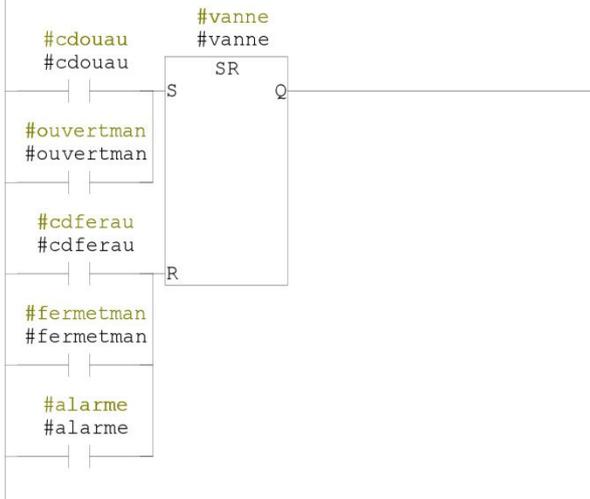
SIMATIC

mémoire\SIMATIC

10/06/2019 18:00:53

300(1)\CPU 313C-2 DP\...\FC2 - <offline>

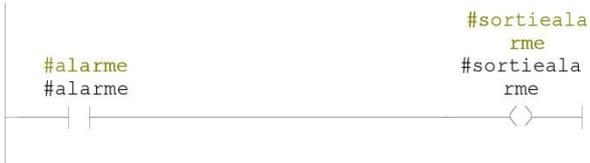
Réseau : 2 vanne



Réseau : 3



Réseau : 4



ANNEXE 6

SIMATIC

mémoire\SIMATIC

10/06/2019 18:04:07

300(1)\CPU 313C-2 DP\...\FC5 - <offline>

FC5 - <offline>

"pompe"

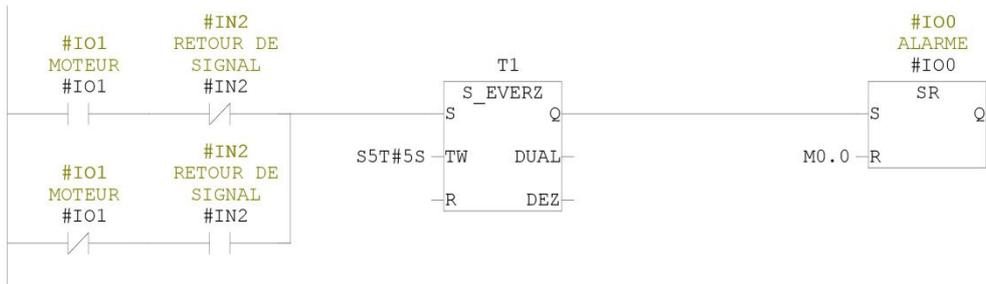
Nom :
Auteur :
Horodatage Code :
Interface :
Longueur (bloc/code /données locales) :

Famille :
Version : 0.1
Version de bloc : 2
 10/06/2019 17:54:57
 22/05/2019 15:09:23
 00226 00108 00002

Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
IN		0.0	
IN0	Bool	0.0	MARCHE
IN1	Bool	0.1	ARRET
IN2	Bool	0.2	RETOUR DE SIGNAL
IN3	Bool	0.3	ARRET MANUEL
IN4	Bool	0.4	MARCHE MANUEL
OUT		0.0	
OUT0	Bool	2.0	MARCHE
OUT1	Bool	2.1	ARRET
IN_OUT		0.0	
IO0	Bool	4.0	ALARME
IO1	Bool	4.1	MOTEUR
TEMP		0.0	
T1	S5Time	0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Bloc : FC5 fonction pompe

Réseau : 1 Alarme pompe



ANNEXE 6

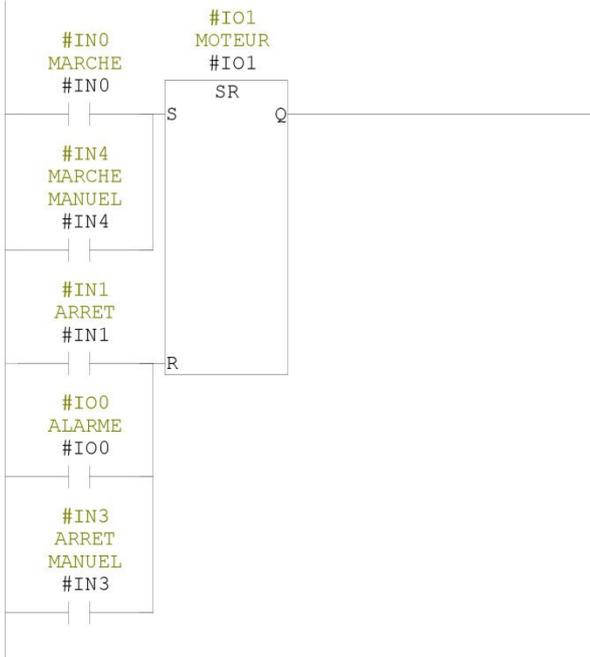
SIMATIC

mémoire\SIMATIC

10/06/2019 18:04:07

300(1)\CPU 313C-2 DP\...\FC5 - <offline>

Réseau : 2 pompe



Réseau : 3



Réseau : 4



ANNEXE 7

SIMATIC

mémoire\SIMATIC 300(1)\

11/06/2019 22:17:19

CPU 313C-2 DP\Programme S7(3)\Mnémoniques

Propriétés de la table des mnémoniques

Nom : Mnémoniques
 Auteur :
 Commentaire :
 Date de création : 19/03/2019 18:51:29
 Dernière modification : 11/06/2019 22:17:07
 Dernier filtre sélectionné : Tous les mnémoniques
 Nombre de mnémoniques : 416/416
 Dernier tri : Mnémonique ordre croissant

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	AI PH METRE	PEW 260	WORD	entré analogique du PH-metre
	AI SONDE TEMP1	PEW 262	WORD	entré analogique du la sonde de température 1
	AI SONDE TEMP2	PEW 264	WORD	entré analogique du la sonde de température 2
	AI SONDE TEMP3	PEW 266	WORD	entré analogique du la sonde de température 3
	AI TRANSMETTEUR NIVEAU	PEW 256	WORD	entré analogique du transmetteur de niveau
	ALAMRE P3	M 18.3	BOOL	alarme dans la pompe 3
	alarme 2 echangeurs OFF	MW 4000	WORD	
	ALARME CP1	MW 1000	WORD	
	ALARME CP2	MW 2000	WORD	
	ALARME CP3	MW 3000	WORD	
	ALARME DEFAUT POMPE 1	MW 40	WORD	
	ALARME DEFAUT POMPE 2	MW 44	WORD	
	alarme P1	M 2.2	BOOL	alarme dans la pompe 1
	ALARME P2	M 2.5	BOOL	alarme dans la pompe 2
	ALARME P4	M 17.4	BOOL	alarme dans la pompe 4
	ALARME P6	M 16.6	BOOL	alarme dans la pompe 6
	ALARME P7	M 30.1	BOOL	alarme dans la pompe 7
	ALARME PH ACIDE	MW 1222	WORD	
	ALARME POMPE P5	M 29.3	BOOL	alarme dans la pompe 5
	alarme PS1	M 14.3	BOOL	alarme dans la pompe de secoure 1
	alarme PS2	M 8.5	BOOL	alarme dans la pompe de secoure 2
	ALARME PS3	M 19.0	BOOL	alarme dans la pompe de secoure 3
	alarme TOR 2echang OFF	M 4000.0	BOOL	alarme deux échangeurs hors service
	ALARME TOR PH	M 1222.0	BOOL	signalisation du PH
	alarme v1	M 20.4	BOOL	signalisation d'alarme de la vanne d'entrée de l'échangeur 1
	ALARME V2	M 21.1	BOOL	signalisation d'alarme de la vanne de sortie de l'échangeur 1
	ALARME V3	M 22.3	BOOL	signalisation d'alarme de la vanne d'entrée de l'échangeur 2
	ALARME V4	M 23.0	BOOL	signalisation d'alarme de la vanne de sortie de l'échangeur 2
	ALARME V5	M 24.2	BOOL	signalisation d'alarme de la vanne d'entrée de l'échangeur 3
	ALARME V6	M 24.7	BOOL	signalisation d'alarme de la vanne de sortie de l'échangeur 3
	ALARME VC1/VC2	M 27.2	BOOL	signalisation d'alarme dans les vannes d'entrée et sortie du CP de l'échangeur1
	ALARME VC3/VC4	M 27.7	BOOL	signalisation d'alarme dans les vannes d'entrée et sortie du CP de l'échangeur2
	ALARME VC5/VC6	M 28.4	BOOL	signalisation d'alarme dans les vannes d'entrée et sortie du CP de l'échangeur3
	ALARME VG1	M 21.6	BOOL	signalisation d'alarme dans la vanne 1 d'eau froide vers l'échangeur 1
	ALARME VG2	M 23.5	BOOL	signalisation d'alarme dans la vanne 1 d'eau froide vers l'échangeur 2

ANNEXE 7

SIMATIC

mémoire\SIMATIC 300 (1) \
CPU 313C-2 DP\Programme S7 (3)\Mnémoniques

11/06/2019 22:17:19

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	ALARME VG3	M 26.5	BOOL	signalisation d'alarme dans la vanne 1 d'eau froide vers l'échangeur 3
	ALARME YV1	M 6.2	BOOL	
	ALARME YV2	M 6.6	BOOL	alarme dans la vanne 2
	alarme YV3	M 12.4	BOOL	alarme dans la vanne 3
	alarme YV4	M 13.1	BOOL	alarme dans la vanne 4
	ALARME YV5	M 7.2	BOOL	alarme dans la vanne 5
	ALARME YV6	M 7.6	BOOL	alarme dans la vanne 6
	alarme YV7	M 15.1	BOOL	alarme dans la vanne 7
	ALARME YV8	M 15.7	BOOL	alarme dans la vanne 8
	ALRME YV10	M 32.3	BOOL	alarme dans la vanne 10
	ALRME YV11	M 33.4	BOOL	alarme dans la vanne 11
	ALRME YV12	M 34.3	BOOL	alarme dans la vanne 12
	ALRME YV13	M 37.4	BOOL	alarme dans la vanne 13
	ALRME YV14	M 38.3	BOOL	alarme dans la vanne 14
	ALRME YV15	M 39.4	BOOL	alarme dans la vanne 15
	ALRME YV16	M 40.3	BOOL	alarme dans la vanne 16
	ALRME YV17	M 41.5	BOOL	alarme dans la vanne 17
	ALRME YV18	M 42.4	BOOL	alarme dans la vanne 18
	ALRME YV19	M 35.4	BOOL	alarme dans la vanne 19
	ALRME YV20	M 36.3	BOOL	alarme dans la vanne 20
	ALRME YV9	M 31.4	BOOL	alarme dans la vanne 9
	AO VARIATEUR P2/PS2	PAW 256	WORD	sortie analogique vers variateur de la PS2 et P2
	AO VARIATEUR P4	PAW 260	WORD	sortie analogique vers variateur de la pompe 4
	ARRET MAN P3	M 18.1	BOOL	arrêt manuel de la pompe 3
	ARRET MAN P2	M 2.3	BOOL	arrêt manuel de la pompe 2
	ARRET MAN P4	M 17.1	BOOL	arrêt manuel de la pompe 4
	arrêt man P6	M 16.3	BOOL	arrêt manuel de la pompe 6
	ARRET MAN P7	M 29.7	BOOL	arrêt manuel de la pompe 7
	ARRET MAN POMPE P5	M 29.1	BOOL	arrêt manuel de la pompe 5
	arrêt man PS1	M 14.1	BOOL	arrêt manuel de la pompe de secoure 1
	arrêt man PS2	M 8.3	BOOL	arrêt manuel de la pompe de secoure 2
	ARRET MAN PS3	M 18.6	BOOL	arrêt manuel de la pompe de secoure 3
	arrêt manuel P1	M 2.0	BOOL	arrêt manuel de la pompe 1
	ARRET P4 A V=0	M 1255.0	BOOL	
	capteur de pression 1	E 5.0	BOOL	entré capteur de pression 1
	CAPTEUR DE PRESSION 2	E 5.1	BOOL	entré capteur de pression 2
	CAPTEUR DE PRESSION 3	E 5.2	BOOL	entré capteur de pression 3
	COMM_FLT	OB 87	OB 87	Communication Fault
	comp sonde 1	M 19.7	BOOL	comparateur de la sonde de température 1
	comp sonde 2	M 20.0	BOOL	comparateur de la sonde de température 2
	comp sonde 3	M 20.1	BOOL	comparateur de la sonde de température 3
	COMPLETE RESTART	OB 100	OB 100	Complete Restart
	CONT_C	FB 41	FB 41	Continuous Control
	CONT_S	FB 42	FB 42	Step Control
	CYC_INT5	OB 35	OB 35	Cyclic Interrupt 5
	CYC_INT8	OB 38	OB 38	Cyclic Interrupt 8
	DB de FB 41	DB 5	DB 5	Regulateur de Bac
	db de fb3	DB 1	DB 1	
	DB de FB42	DB 6	DB 6	PH
	Défait Thermique P6	E 2.5	BOOL	entré défaut thermique dans la pompe 6

ANNEXE 7

SIMATIC

mémoire\SIMATIC 300(1)\

11/06/2019 22:17:19

CPU 313C-2 DP\Programme S7(3)\Mnémoniques

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	défaut thermique PS1	E 2.1	BOOL	entré défaut thermique dans la pompe de secoure 1
	défaut disjuncteur PS1	E 2.0	BOOL	entré défaut disjuncteur dans la pompe de secoure 1
	Defaut Disjoncteur P1	E 1.0	BOOL	entré défaut disjoncteur dans la pompe 1
	DEFAUT DISJONCTEUR P3	E 3.3	BOOL	entré défaut disjoncteur dans la pompe 3
	DEFAUT DISJONCTEUR P5	E 3.7	BOOL	entré défaut disjoncteur dans la pompe 5
	Défaut Disjoncteur P6	E 2.4	BOOL	entré défaut disjoncteur dans la pompe 6
	DEFAUT DISJONCTEUR P7	E 4.1	BOOL	entré défaut disjoncteur dans la pompe 7
	DEFAUT DISJONCTEUR PS3	E 3.5	BOOL	entré défaut disjoncteur dans la pompe de secoure 3
	Défaut P1	M 41.3	BOOL	signalisation de défaut dans la pompe 1
	Défaut P2	M 45.4	BOOL	signalisation de défaut dans la pompe 2
	DEFAUT P3	M 3611.0	BOOL	signalisation de défaut dans la pompe 3
	DEFAUT P4	M 52.1	BOOL	signalisation de défaut dans la pompe 4
	DEFAUT P5	MW 94	WORD	
	Défaut P6	M 50.0	BOOL	signalisation de défaut dans la pompe 6
	DEFAUT P7	MW 96	WORD	
	DEFAUT POMPE P3	MW 3611	WORD	
	DEFAUT POMPE P4	MW 52	WORD	
	DEFAUT POMPE P5	M 94.4	BOOL	signalisation de défaut dans la pompe 5
	DEFAUT POMPE P6	MW 50	WORD	
	DEFAUT POMPE P7	M 97.0	BOOL	signalisation de défaut dans la pompe 7
	DEFAUT POMPE SECOURS PS1	MW 48	WORD	
	DEFAUT POMPE SECOURS PS2	MW 46	WORD	
	DEFAUT POMPE SECOURS PS3	MW 68	WORD	
	DEFAUT PS1	M 49.6	BOOL	signalisation de défaut dans la pompe de secoure 1
	défaut ps2	M 47.5	BOOL	signalisation de défaut dans la pompe de secoure 2
	défaut ps3	M 68.3	BOOL	signalisation de défaut dans la pompe de secoure 3
	défaut thermique P1	E 1.1	BOOL	défaut thermique dans la pompe 1
	DEFAUT THERMIQUE P3	E 3.4	BOOL	défaut thermique dans la pompe 3
	DEFAUT THERMIQUE P5	E 4.0	BOOL	défaut thermique dans la pompe 5
	DEFAUT THERMIQUE P7	E 4.2	BOOL	défaut thermique dans la pompe 7
	DEFAUT THERMIQUE PS3	E 3.6	BOOL	défaut thermique dans la pompe de secoure 3
	Défaut Var P2	E 1.2	BOOL	défaut variateur de la pompe 2
	DEFAUT Var P4	E 2.7	BOOL	défaut variateur de la pompe 4
	défaut Var PS2	E 1.4	BOOL	défaut variateur de la pompe de secoure 2
	fer man v1	M 20.3	BOOL	fermeture manuel de la vanne 1
	FER MAN V2	M 21.0	BOOL	fermeture manuel de la vanne 2
	FER MAN V3	M 22.2	BOOL	fermeture manuel de la vanne 3
	FER MAN V4	M 22.7	BOOL	fermeture manuel de la vanne 4
	FER MAN V5	M 24.1	BOOL	fermeture manuel de la vanne 5
	FER MAN V6	M 24.6	BOOL	fermeture manuel de la vanne 6
	FER MAN VC1/VC2	M 27.1	BOOL	fermeture manuel de la vanne 1 et la vanne 2 du CP de l'échangeur 1
	FER MAN VC3/VC4	M 27.6	BOOL	fermeture manuel de la vanne 3 et la vanne 4 du CP de l'échangeur 2
	FER MAN VC5/VC6	M 28.3	BOOL	fermeture manuel de la vanne 5 et la vanne 6 du CP de l'échangeur 3
	FER MAN VG1	M 21.5	BOOL	fermeture de la vanne 1 d'eau froide vres l'échangeur 1

ANNEXE 7

SIMATIC

mémoire\SIMATIC 300(1)\

11/06/2019 22:17:19

CPU 313C-2 DP\Programme S7(3)\Mnémoniques

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	FER MAN VG2	M 23.4	BOOL	fermeture de la vanne 2 d'eau froide vres l'échangeur 2
	FER MAN VG3	M 26.4	BOOL	fermeture de la vanne 3 d'eau froide vres l'échangeur 3
	FER MAN YV1	M 6.1	BOOL	
	FER MAN YV10	M 32.0	BOOL	fermeture manuel de la vanne 10
	FER MAN YV11	M 33.1	BOOL	fermeture manuel de la vanne 11
	FER MAN YV12	M 34.0	BOOL	
	FER MAN YV13	M 37.1	BOOL	
	FER MAN YV14	M 38.0	BOOL	
	FER MAN YV15	M 39.1	BOOL	
	FER MAN YV16	M 40.0	BOOL	
	FER MAN YV17	M 41.1	BOOL	
	FER MAN YV18	M 42.1	BOOL	
	FER MAN YV19	M 35.1	BOOL	
	FER MAN YV2	M 6.5	BOOL	
	FER MAN YV20	M 36.0	BOOL	
	fer man YV4	M 12.7	BOOL	
	FER MAN YV6	M 7.5	BOOL	
	fer man YV7	M 14.6	BOOL	
	FER MAN YV8	M 15.4	BOOL	
	FER MAN YV9	M 31.1	BOOL	
	ferm man YV3	M 12.1	BOOL	
	FERMETURE MAN YV5	M 7.1	BOOL	
	I/O_FLT1	OB 82	OB 82	I/O Point Fault 1
	M144	M 144.0	BOOL	
	march man PS1	M 14.0	BOOL	marche manuel de la pompe de secoure 1
	marche man P1	M 2.1	BOOL	marche manuel de la pompe 1
	MARCHE MAN P2	M 2.4	BOOL	marche manuel de la pompe 2
	MARCHE MAN P3	M 18.2	BOOL	marche manuel de la pompe 3
	MARCHE MAN P4	M 17.2	BOOL	marche manuel de la pompe 4
	marche man P6	M 16.4	BOOL	marche manuel de la pompe 6
	MARCHE MAN P7	M 30.0	BOOL	marche manuel de la pompe 7
	MARCHE MAN POMPE P5	M 29.2	BOOL	marche manuel de la pompe 5
	marche man PS2	M 8.4	BOOL	marche manuel de la pompe de secoure 2
	MARCHE MAN PS3	M 18.7	BOOL	marche manuel de la pompe de secoure 3
	MD280	MD 280	REAL	
	md62	MD 62	REAL	
	MD620	MD 620	REAL	
	MOD_ERR	OB 122	OB 122	Module Access Error
	moteur	FC 1	FC 1	
	MV DE PH	MD 555	REAL	
	MV NIVEAU	MD 55	REAL	
	MV PH	MD 97	REAL	
	MW 276	MW 276	WORD	
	MW122	MW 155	INT	
	mw60	MW 60	INT	
	NB BAC HOTWELL	E 0.3	BOOL	niveau bas du bac hotwell
	nb BEU	M 70.0	BOOL	
	NB cuve CP	E 4.3	BOOL	niveau bas dans la cuve CP
	NB CUVE EAU BAROMETRIQUE	E 3.2	BOOL	niveau bas dans la cuve eau barométrique
	NB cuve G eau chaude	E 4.5	BOOL	niveau bas dans la cuve glycolée partie eau chaude

ANNEXE 7

SIMATIC

mémoire\SIMATIC 300(1)\

11/06/2019 22:17:19

CPU 313C-2 DP\Programme S7(3)\Mnémoniques

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	NB cuve G eau froide	E 2.3	BOOL	niveau bas dans la cuve glycolée partie eau froide
	NB CUVE NAOH	E 2.6	BOOL	niveau bas dans la cuve NAOH
	NH BAC HOTWELL	E 0.2	BOOL	niveau haut dans le bac hotwell
	nh BEU	M 70.1	BOOL	niveau haut dans le bas eau usée
	NH CUVE EAU BAROMETRIQUE	E 3.1	BOOL	niveau haut dans la cuve eau barometrique
	NH cuve G eau chaude	E 4.4	BOOL	niveau haut dans la cuve glycolée partie eau chaude
	NH cuve G eau froide	E 2.2	BOOL	niveau haut dans la cuve glycolée partie eau froide
	niveau	MD 999	REAL	
	OBNL_FLT	OB 85	OB 85	OB Not Loaded Fault
	ouv man v1	M 20.2	BOOL	ouverture manuel de la vanne 1
	OUV MAN V2	M 20.7	BOOL	ouverture manuel de la vanne 2
	OUV MAN V3	M 22.1	BOOL	ouverture manuel de la vanne 3
	OUV MAN V4	M 22.6	BOOL	ouverture manuel de la vanne 4
	OUV MAN V5	M 24.0	BOOL	ouverture manuel de la vanne 5
	OUV MAN V6	M 24.5	BOOL	ouverture manuel de la vanne 6
	OUV MAN VC1/VC2	M 27.0	BOOL	ouverture manuel des vannes d'entre et sortie du CP de l'échnageur 1
	OUV MAN VC5/VC6	M 28.2	BOOL	ouverture manuel des vannes d'entre et sortie du CP de l'échnageur 3
	OUV MAN VG1	M 21.4	BOOL	ouverture manuel de la vanne 1 d'eau froide vers l'échangeur 1
	OUV MAN VG2	M 23.3	BOOL	ouverture manuel de la vanne 1 d'eau froide vers l'échangeur 2
	OUV MAN VG3	M 26.3	BOOL	ouverture manuel de la vanne 1 d'eau froide vers l'échangeur 3
	OUV MAN YV1	M 6.0	BOOL	
	OUV MAN YV2	M 6.4	BOOL	
	ouv man YV3	M 12.0	BOOL	
	ouv man YV4	M 12.6	BOOL	
	OUV MAN YV6	M 7.4	BOOL	
	ouv man YV7	M 14.5	BOOL	
	OUV MAN YV8	M 15.3	BOOL	
	OUIVERT MAN YV10	M 31.7	BOOL	ouverture manuel de la vanne 10
	OUIVERT MAN YV11	M 33.0	BOOL	ouverture manuel de la vanne 11
	OUIVERT MAN YV12	M 33.7	BOOL	ouverture manuel de la vanne 12
	OUIVERT MAN YV13	M 37.0	BOOL	ouverture manuel de la vanne 13
	OUIVERT MAN YV14	M 37.7	BOOL	ouverture manuel de la vanne 14
	OUIVERT MAN YV15	M 39.0	BOOL	ouverture manuel de la vanne 15
	OUIVERT MAN YV16	M 39.7	BOOL	ouverture manuel de la vanne 16
	OUIVERT MAN YV17	M 41.0	BOOL	ouverture manuel de la vanne 17
	OUIVERT MAN YV18	M 42.0	BOOL	ouverture manuel de la vanne 18
	OUIVERT MAN YV19	M 35.0	BOOL	ouverture manuel de la vanne 19
	OUIVERT MAN YV20	M 35.7	BOOL	ouverture manuel de la vanne 20
	OUIVERT MAN YV9	M 31.0	BOOL	ouverture manuel de la vanne 9
	OUIVERTURE MAN YV5	M 7.0	BOOL	ouverture manuel de la vanne 5
	OUIVV MAN VC3/VC4	M 27.5	BOOL	ouverture manuel des vannes d'entre et sortie du CP de l'échnageur 2
	PH METRE	MD 7777	REAL	
	PH REGLETTE	MD 777	REAL	
	PH VAL	MD 171	REAL	
	pompe	FC 5	FC 5	
	pompe 1	A 0.1	BOOL	sortie pompe 1
	POMPE 2	A 0.2	BOOL	sortie pompe 2
	POMPE P3	A 2.2	BOOL	sortie pompe 3

ANNEXE 7

SIMATIC

mémoire\SIMATIC 300(1)\

11/06/2019 22:17:19

CPU 313C-2 DP\Programme S7(3)\Mnémoniques

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	POMPE P4	A 2.1	BOOL	sortie pompe 4
	POMPE P5	A 4.0	BOOL	sortie pompe 5
	POMPE P6	A 2.0	BOOL	sortie pompe 6
	POMPE P7	A 4.1	BOOL	sortie pompe 7
	pompe PS1	A 1.3	BOOL	sortie pompe de secoure 1
	pompe PS2	A 1.0	BOOL	sortie pompe de secoure 2
	POMPE SECOURS PS3	A 2.3	BOOL	sortie pompe de secoure 3
	PROG_ERR	OB 121	OB 121	Programming Error
	regulation PH	OB 32	OB 32	
	régulation ph	DB 7	DB 7	
	RET SIG FER YV10	E 7.0	BOOL	retour signal fermé de la vanne 10
	RET SIG FER YV11	E 7.1	BOOL	retour signal fermé de la vanne 11
	RET SIG FER YV12	E 7.2	BOOL	retour signal fermé de la vanne 12
	RET SIG FER YV13	E 7.3	BOOL	retour signal fermé de la vanne 13
	RET SIG FER YV14	E 7.4	BOOL	retour signal fermé de la vanne 14
	RET SIG FER YV15	E 7.5	BOOL	retour signal fermé de la vanne 15
	RET SIG FER YV16	E 7.6	BOOL	retour signal fermé de la vanne 16
	RET SIG FER YV17	E 7.7	BOOL	retour signal fermé de la vanne 17
	RET SIG FER YV18	E 8.0	BOOL	retour signal fermé de la vanne 18
	RET SIG FER YV19	E 8.1	BOOL	retour signal fermé de la vanne 19
	RET SIG FER YV20	E 8.2	BOOL	retour signal fermé de la vanne 20
	RET SIG FER YV9	E 8.3	BOOL	retour signal fermé de la vanne 9
	RET SIG OUV YV10	E 8.4	BOOL	retour signal ouvert de la vanne 10
	RET SIG OUV YV11	E 8.5	BOOL	retour signal ouvert de la vanne 11
	RET SIG OUV YV12	E 8.6	BOOL	retour signal ouvert de la vanne 12
	RET SIG OUV YV13	E 8.7	BOOL	retour signal ouvert de la vanne 13
	RET SIG OUV YV14	E 9.0	BOOL	retour signal ouvert de la vanne 14
	RET SIG OUV YV15	E 9.1	BOOL	retour signal ouvert de la vanne 15
	RET SIG OUV YV16	E 9.2	BOOL	retour signal ouvert de la vanne 16
	RET SIG OUV YV17	E 9.3	BOOL	retour signal ouvert de la vanne 17
	RET SIG OUV YV18	E 9.4	BOOL	retour signal ouvert de la vanne 18
	RET SIG OUV YV19	E 9.5	BOOL	retour signal ouvert de la vanne 19
	RET SIG OUV YV20	E 9.6	BOOL	retour signal ouvert de la vanne 20
	RET SIG OUV YV9	E 9.7	BOOL	retour signal ouvert de la vanne 9
	RET SIGN FER YV1	E 10.0	BOOL	retour signal fermé de la vanne 1
	RET SIGN FER YV2	E 10.1	BOOL	retour signal fermé de la vanne 2
	ret sign fer YV4	E 10.2	BOOL	
	RET SIGN FER YV5	E 10.3	BOOL	
	RET SIGN FER YV6	E 10.4	BOOL	
	ret sign fer YV7	E 10.5	BOOL	
	RET SIGN FER YV8	E 10.6	BOOL	
	ret sign ferm YV3	E 10.7	BOOL	
	RET SIGN OUV YV1	E 6.0	BOOL	retour signal ouvert de la vanne 1
	RET SIGN OUV YV2	E 6.1	BOOL	retour signal ouvert de la vanne 2
	ret sign ouv YV3	E 6.2	BOOL	retour signal ouvert de la vanne 3
	ret sign ouv YV4	E 6.3	BOOL	retour signal ouvert de la vanne 4
	RET SIGN OUV YV5	E 6.4	BOOL	retour signal ouvert de la vanne 5
	RET SIGN OUV YV6	E 6.5	BOOL	retour signal ouvert de la vanne 6
	ret sign ouv YV7	E 6.6	BOOL	retour signal ouvert de la vanne 7
	RET SIGN OUV YV8	E 6.7	BOOL	retour signal ouvert de la vanne 8
	RET SIGN P4	E 5.3	BOOL	retour signal pompe 4
	RET SIGN P6	E 5.4	BOOL	retour signal pompe 6
	RET SIGN POMPE P3	E 5.5	BOOL	retour signal pompe 3
	RET SIGN POMPE P5	E 5.6	BOOL	retour signal pompe 5
	RET SIGN POMPE P7	E 5.7	BOOL	retour signal pompe 7

ANNEXE 7

SIMATIC

mémoire\SIMATIC 300(1)\

11/06/2019 22:17:19

CPU 313C-2 DP\Programme S7(3)\Mnémoniques

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	RET SIGN PS3	E 4.6	BOOL	retour signal pompe de secoure 3
	RETOUR DE SIGNAL P1	E 4.7	BOOL	retour signal pompe 1
	RETOUR SIGNAL P2	E 1.5	BOOL	retour signal pompe 2
	retour signal PS1	E 1.6	BOOL	retour signal pompe de secoure 1
	retour signal PS2	E 1.7	BOOL	retour signal pompe de secoure 2
	SCALE	FC 105	FC 105	Scaling Values
	SELECTION W1	M 101.0	BOOL	
	SELECTION W2	M 101.1	BOOL	
	SELECTION W3	M 101.2	BOOL	
	sonde 1	MD 82	REAL	
	sonde 2	MD 86	REAL	
	sonde 3	MD 90	REAL	
	SORTIE ALARM P1	M 26.0	BOOL	alarme pompe 1
	SORTIE ALARM P2	M 25.0	BOOL	alarme pompe 2
	SORTIE ALARM P6	M 89.2	BOOL	alarme pompe 6
	SORTIE ALARM YV1	M 88.0	BOOL	alarme vanne 1
	SORTIE ALARM YV2	M 88.1	BOOL	alarme vanne 2
	SORTIE ALARME YV5	M 88.2	BOOL	alarme vanne 5
	SORTIE ALARME P3	M 89.4	BOOL	alarme pompe 3
	SORTIE ALARME P4	M 89.3	BOOL	alarme pompe 4
	SORTIE ALARME P5	M 29.5	BOOL	alarme pompe 5
	SORTIE ALARME P7	M 30.3	BOOL	alarme pompe 7
	sortie alarme ps1	M 88.7	BOOL	alarme pompe de secoure 1
	sortie alarme PS2	M 88.4	BOOL	alarme pompe de secoure 2
	SORTIE ALARME PS3	M 89.5	BOOL	alarme pompe de secoure 3
	sortie alarme v1	M 20.6	BOOL	alarme vanne 1
	SORTIE ALARME V2	M 21.3	BOOL	alarme vanne 2
	SORTIE ALARME V3	M 22.5	BOOL	alarme vanne 3
	SORTIE ALARME V4	M 23.2	BOOL	alarme vanne 4
	SORTIE ALARME V5	M 24.4	BOOL	alarme vanne 5
	SORTIE ALARME V6	M 26.2	BOOL	alarme vanne 6
	SORTIE ALARME VC1/VC2	M 27.4	BOOL	alarme vanne 1 et vanne 2 du CP de l'échangeur 1
	SORTIE ALARME VC3/VC4	M 28.1	BOOL	alarme vanne 3 et vanne 4 du CP de l'échangeur 2
	SORTIE ALARME VC5/VC6	M 28.6	BOOL	alarme vanne 5 et vanne 6 du CP de l'échangeur 6
	SORTIE ALARME VG1	M 22.0	BOOL	alarme vanne 1 d'eau froide de l'échangeur 1
	SORTIE ALARME VG2	M 23.7	BOOL	alarme vanne 2 d'eau froide de l'échangeur 2
	SORTIE ALARME VG3	M 26.7	BOOL	alarme vanne 3 d'eau froide de l'échangeur 3
	SORTIE ALARME YV10	M 32.5	BOOL	
	SORTIE ALARME YV11	M 33.6	BOOL	
	SORTIE ALARME YV12	M 34.5	BOOL	alarme vanne 12
	SORTIE ALARME YV13	M 37.6	BOOL	alarme vanne 13
	SORTIE ALARME YV14	M 38.5	BOOL	alarme vanne 14
	SORTIE ALARME YV15	M 39.6	BOOL	alarme vanne 15
	SORTIE ALARME YV16	M 40.5	BOOL	alarme vanne 16
	SORTIE ALARME YV17	M 41.7	BOOL	alarme vanne 17
	SORTIE ALARME YV18	M 42.6	BOOL	alarme vanne 18
	SORTIE ALARME YV19	M 35.6	BOOL	alarme vanne 19
	SORTIE ALARME YV20	M 36.5	BOOL	alarme vanne 20
	sortie alarme YV3	M 88.5	BOOL	alarme vanne 3
	sortie alarme YV4	M 88.6	BOOL	alarme vanne 4
	SORTIE ALARME YV6	M 88.3	BOOL	alarme vanne 6

ANNEXE 7

SIMATIC

mémoire\SIMATIC 300(1)\

11/06/2019 22:17:19

CPU 313C-2 DP\Programme S7(3)\Mnémoniques

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	sortie alarme YV7	M 89.0	BOOL	alarme vanne 7
	SORTIE ALARME YV8	M 89.1	BOOL	alarme vanne 8
	SORTIE ALARME YV9	M 31.6	BOOL	alarme vanne 9
	SORTIE P6	M 16.7	BOOL	sortie pompe 6
	sortie pompe 1	M 1.1	BOOL	sortie pompe 1
	sortie pompe 2	M 1.2	BOOL	sortie pompe 2
	SORTIE POMPE P3	M 18.4	BOOL	SORTIE POMPE P3
	SORTIE POMPE P4	M 17.5	BOOL	SORTIE POMPE P4
	SORTIE POMPE P5	M 29.4	BOOL	SORTIE POMPE P5
	SORTIE POMPE P7	M 30.2	BOOL	SORTIE POMPE P7
	sortie pompe PS1	M 14.4	BOOL	SORTIE POMPE DE SECOURS 1
	SORTIE POMPE PS3	M 19.1	BOOL	SORTIE POMPE DE SECOURS 3
	sortie PS2	M 8.6	BOOL	SORTIE POMPE DE SECOURS 2
	sortie vanne v1	M 20.5	BOOL	SORTIE vanne 1
	SORTIE VANNE V2	M 21.2	BOOL	SORTIE vanne 2
	SORTIE VANNE V3	M 22.4	BOOL	SORTIE vanne 3
	SORTIE VANNE V4	M 23.1	BOOL	SORTIE vanne 4
	SORTIE VANNE V5	M 24.3	BOOL	SORTIE vanne 5
	SORTIE VANNE V6	M 26.1	BOOL	SORTIE vanne 6
	SORTIE VANNE VC1/VC2	M 27.3	BOOL	SORTIE vanne 1 et vanne 2 du CP de l'échangeur 1
	SORTIE VANNE VC3/VC4	M 28.0	BOOL	SORTIE vanne 3 et vanne 4 du CP de l'échangeur 2
	SORTIE VANNE VC5/VC6	M 28.5	BOOL	SORTIE vanne 5 et vanne 6 du CP de l'échangeur 3
	SORTIE VANNE VG1	M 21.7	BOOL	
	SORTIE VANNE VG2	M 23.6	BOOL	
	SORTIE VANNE VG3	M 26.6	BOOL	
	SORTIE VANNE YV10	M 32.4	BOOL	
	SORTIE VANNE YV11	M 33.5	BOOL	
	SORTIE VANNE YV12	M 34.4	BOOL	
	SORTIE VANNE YV13	M 37.5	BOOL	
	SORTIE VANNE YV14	M 38.4	BOOL	
	SORTIE VANNE YV15	M 39.5	BOOL	sortie vanne 15
	SORTIE VANNE YV16	M 40.4	BOOL	sortie vanne 16
	SORTIE VANNE YV17	M 41.6	BOOL	sortie vanne 17
	SORTIE VANNE YV18	M 42.5	BOOL	sortie vanne 18
	SORTIE VANNE YV19	M 35.5	BOOL	sortie vanne 19
	SORTIE VANNE YV20	M 36.4	BOOL	sortie vanne 20
	sortie vanne YV7	M 15.2	BOOL	sortie vanne 7
	SORTIE VANNE YV8	M 16.0	BOOL	sortie vanne 8
	SORTIE VANNE YV9	M 31.5	BOOL	sortie vanne 9
	SORTIE YV1	M 6.3	BOOL	
	SORTIE YV2	M 6.7	BOOL	
	sortie YV3	M 12.5	BOOL	
	sortie YV4	M 13.2	BOOL	
	SORTIE YV5	M 7.3	BOOL	
	SORTIE YV6	M 7.7	BOOL	
	SP CONSIGNE PH	MD 6666	REAL	
	TCONT_CP	FB 58	FB 58	temperature PID controller with pulse generator and self-tuning
	UNSCALE	FC 106	FC 106	Unscaling Values
	vanne YV3	A 1.1	BOOL	
	vanne man	FC 4	FC 4	vanne manuel
	vanne TOR	FC 2	FC 2	
	vanne v1	A 2.4	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 1

ANNEXE 7

SIMATIC

mémoire\SIMATIC 300(1)\

11/06/2019 22:17:19

CPU 313C-2 DP\Programme S7(3)\Mnémoniques

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	VANNE V2	A 2.5	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 2
	VANNE V3	A 2.7	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 3
	VANNE V4	A 3.0	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 4
	VANNE V5	A 3.2	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 5
	VANNE V6	A 3.3	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 6
	VANNE VC1/VC2	A 3.5	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 1 et vanne 2 du CP échangeur 1
	VANNE VC3/VC4	A 3.6	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 3 et vanne 4 du CP échangeur 2
	VANNE VC5/VC6	A 3.7	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 5 et vanne 6 du CP échangeur 3
	VANNE VG1	A 2.6	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 1 d'eau glycolée
	VANNE VG2	A 3.1	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 2 d'eau glycolée
	VANNE VG3	A 3.4	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 3 d'eau glycolée
	VANNE YV1	A 0.0	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 1
	VANNE YV10	A 5.1	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 10
	VANNE YV11	A 5.2	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 11
	VANNE YV12	A 5.3	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 12
	VANNE YV13	A 5.6	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 13
	VANNE YV14	A 5.7	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 14
	VANNE YV15	A 6.0	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 15
	VANNE YV16	A 6.1	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 16
	VANNE YV17	A 6.2	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 17
	VANNE YV18	A 6.3	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 18
	VANNE YV19	A 5.4	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 19
	VANNE YV2	A 0.3	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 2
	VANNE YV20	A 5.5	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 20
	vanne YV4	A 1.2	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 4
	VANNE YV5	A 0.4	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 5
	VANNE YV6	A 0.5	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 6
	vanne YV7	A 1.4	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 7
	VANNE YV8	A 1.5	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 8
	VANNE YV9	A 5.0	BOOL	sortie automate vers bobine de la vanne 9
	VITESSE P4	MD 8888	REAL	