

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère De l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



Faculté de Génie Electrique et d'Informatique
Département d'Automatique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Professionnel en Automatique
Option : Automatique et Informatique Industrielle

Thème

**Automatisation d'une station de pompage de Tissemsilt
et développement d'une plate forme de Supervision**

Proposé par : M^{me} S.LABRAOUI

Dirigé par : M^{me} N. DJEGHALI

Réalisé par :

M^F : AGROUCHE SAID

M^F : CHABANE HAMZA

Promotion « 2015/2016 »

Remerciement

Nous remercions tout d'abord le bon dieu de nous avoir donné la santé, la volonté et la patience pour la réalisation de notre travail et de nous indiquer le bon chemin de notre savoir.

Nos remerciements s'adressent aussi à nos familles et proches et surtout nos parents.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre encadreur Madame S.LABAOUI pour avoir d'abord proposé ce thème, elle a su nous guider et nous orienter. Et pour le suivi continué tout le long de la réalisation de ce projet.

Nous remercions ainsi notre promotrice M^{me} N. DJEGHALI qui nous a fait l'honneur de diriger ce travail.

Nous remercions ainsi le Directeur de MCR Electric M^r AREZKI BEKACEM qui nous a autorisés de passer ce stage au sien de l'entreprise.

Nos remerciements vont également aux membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant d'examiner et de juger notre travail.

Nous remercions aussi tous ceux, et celles qui ont contribué de près ou de loin pour l'accomplissement de ce modeste travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à la mémoire de ma chère Mère, que le Bon Dieu le tout puissant puisse l'accueillir dans son vaste paradis.

A mon cher père, qui m'ont toujours apportés leur soutien inconditionnel tout au long de mes études.

Je le dédie aussi :

- ✓ A mes chères sœurs et frères.
- ✓ A toute la famille « AGROUCHE ».
- ✓ A mes nièces et neveux.
- ✓ A tous mes amis (es) sans exceptions.
- ✓ A mon binôme et toute sa famille.

SAID

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

- ✓ Dieu le tout puissant de m'avoir prêté longue vie pour arriver au terme de ce projet.
- ✓ Mes parents pour leurs soutiens et encouragements.
- ✓ Mes sœurs.
- ✓ Mes frères.
- ✓ Mes amis(es).
- ✓ Mes cousins et mes cousines.
- ✓ Mon binôme SAID & toute sa famille.

Hamza

Sommaire

Introduction général.....	1
Chapitre I : Description de la station et l'instrumentation	
I.1 Introduction.....	2
I.2 Présentation de l'entreprise.....	2
I. 3 Présentation de la station de pompage TISSEMSILT.....	3
I.3.1 Anti-bélier.....	4
I.3.2 Groupe électropompe.....	5
I.3.3 Pompe à axe horizontal.....	5
I.3.3.1 Choix d'une pompe.....	6
I.3.3.2 Caractéristique de notre pompe	6
I.3.4 Moteur asynchrone triphasé.....	6
I.3.4.1 Constitution.....	7
I.3.4.2 Principe de fonctionnement.....	8
I.3.4.2 Présentation de la plaque à bornes de moteur.....	9
I.3.4.3 Couplage.....	9
I.3.4.4 Vitesse d'un moteur asynchrone.....	10
I.3.4.5 Glissement d'un moteur asynchrone.....	10
I.3.4.6 Puissance absorbée par le moteur.....	10
I.3.4.7 Rendement de moteur.....	10
I.3.5 Le démarreur progressif ATS 48.....	11
I.3.5.1 Définition.....	11
I.3.5.2 Raccordement de démarreur ATS 48.....	12
I.3.5.3 Fonctions des entrées logiques RUN et STOP.....	12
I.3.5.4 Constitution.....	13
I.3.5.5 Le thyristor.....	15
I.3.5.6 Principe de fonctionnement d'un démarreur ATS 48.....	15
I.3.5.7 Gradateur de tension.....	16
I.3.5.8 Afficheur de démarreur ATS 48.....	18
I.3.5.9 Les paramètres dans menu Réglages d'ATS 48.....	18
I.3.6 Capteurs.....	21
I.3.6.1 Débitmètre électromagnétique.....	21
I.3.6.2 Sondes de niveau.....	23
I.3.7 Equipement des armoires.....	23
I.3.7.1 Le Disjoncteur.....	23
I.3.7.2 Contacteur.....	24
I.3.8 Présentation du pupitre de commande.....	24
I.3.8.1 Relais de niveau.....	24
I.3.8.2 Relais miniature.....	25
I.4 Conclusion.....	25

Chapitre II: Modélisation par l'outil GRAFCET

II.1 Introduction.....	26
II.2 Le GRAFCET.....	26
II.2.1 Définition.....	26
II.2.2 Eléments graphiques de base.....	26
II.2.3 Structures de base.....	28
II.2.4 Niveau d'un GRAFCET.....	31
II.2.5 Règles d'évolution de GRAFCET.....	31
II.2.6 Mise en équation d'un GRAFCET.....	32
II.3 Description de cahier des charges de la station.....	33
II.3.1 Fonctionnement en mode manuel.....	33
II.3.2 Fonctionnement en mode automatique.....	34
II.3.3 Table des mnémoniques.....	34
II.4 GRAFCET niveau 2 de la station.....	35
II.5 Conclusion.....	36

Chapitre III: développement de la solution programmable

II.1 Introduction.....	37
III.2 Définition de l'automate programmable industriel.....	37
III.3 Structure interne d'un automate programmable industriel.....	37
III.3.1 Module d'alimentation.....	37
III.3.2 Unité centrale.....	37
III.3.3 Le bus interne.....	37
III.3.4 Mémoires.....	37
III.3.5 Interfaces d'entrées / sorties.....	38
III.4 Choix d'un automate.....	38
III.5 Type d'automate utilisé dans la station.....	39
III.6 Fonctionnement de l'automate.....	39
III.6.1 Entrée RUN/STOP.....	39
III.6.2 Sortie état de l'automate.....	40
III.6.3 Entrée à mémorisation d'état.....	40
III.6.4 Comptage rapide (FC).....	40
III.6.5 Compteurs très rapides (VFC).....	40
III.6.6 Sortie générateur d'impulsions (PLS).....	41
III.6.7 Sortie PWM (Pulse Width Modulation).....	41
III.7 Logiciel TwidoSuite.....	41
III.8 Langages Twido.....	41
III.8.1 Langage liste d'instructions.....	41
III.8.2 Schéma à contacts (LD : Ladder diagram).....	42
III.9 Présentation et lancement du logiciel TwidoSuite.....	42
III.10 Description la fenêtre de type d'automate.....	44
III.11 Description de l'interface de programmation.....	45
III.12 Programme de la station.....	46

III.13 Conclusion.....	62
------------------------	----

Chapitre IV : Développement d'une Plateforme de Supervision

IV.1 Introduction.....	63
IV.2 Définition de la supervision.....	63
IV.3 Constitution d'un système de supervision.....	63
IV.3.1 Module de visualisation (affichage).....	63
IV.3.2 Module d'archivage.....	63
IV.3.3 Module de traitement.....	63
IV.3.4 Module de communication.....	64
IV.4 Présentation du logiciel Vijeo Designer.....	64
IV.5 Structure du logiciel.....	64
IV.5.1 Vijeo Designer.....	64
IV.5.2 Vijeo Designer Runtime.....	64
IV.6 Création d'un projet	65
IV.7 comment développer un projet.....	68
IV.8 Plateforme de supervision de la station	69
IV.8.1 Vue d'accueil.....	69
IV.8.2 Vue Pompes	70
IV.8.3 Vue pupitre de commande.....	71
IV.8 Conclusion.....	71
Conclusion générale.....	72

Introduction Générale

Avec l'évolution de la technologie, les fonctions attendues de l'automatisation sont très importantes. Elle doit assurer l'augmentation de la productivité et la diminution des coûts de production. En plus de cela, elle doit garantir l'amélioration des conditions de travail, la sécurité de fonctionnement et la suppression des tâches pénibles.

L'entreprise MCR ELECTRIC sise à Tizi-Ouzou (Maintenance, Conception, Réalisation), depuis sa création utilise les nouvelles technologies pour la conception et la réalisation des systèmes de commande automatique de ses différents projets d'électromécanique, automatismes industriels et hydraulique.

Notre travail consiste à étudier la conception et l'automatisation d'une station de pompage de la ville de « Tissemsilt », qui sera commandée par un automate programmable industriel (API) de la firme SCHNEIDER de la gamme Twido.

Pour présenter notre travail, nous avons divisé notre mémoire en quatre chapitres.

- Premier chapitre : Présentation de l'entreprise et la station de pompage « Tissemsilt » et ses différentes composantes électriques et l'instrumentation utilisée dans cette station.
- Deuxième chapitre: la modélisation de cahier des charges imposé pour le fonctionnement de la station.
- Troisième chapitre : Développement de la solution programmable de la station sous l'API TWIDO.
- Quatrième chapitre : l'installation d'un système de supervision pour la station avec le logiciel Vijeo Designer.

Nous terminons ce mémoire par une conclusion générale à travers laquelle on exposera les principaux résultats obtenus.

Chapitre I

I.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter la station de pompage de l'eau potable dotée d'équipement électrique et l'instrumentation utilisée. Ce matériel est connu pour ses performances, robustesse et sécurité.

Cela nous permettra de concevoir notre commande automatisée qui répondra aux exigences de fonctionnement de la station.

I.2 Présentation de l'entreprise

MCR ELECTRIC est une entreprise d'étude et de réalisation de projets électromécaniques, automatismes industriels et hydrauliques. Elle a été créée en 2001.

De par son expérience et sa compétence, elle est en mesure de répondre aux besoins et aux exigences techniques de ses clients; en assurant les missions suivantes:

- Etude de plans techniques.
- Câblage et automatismes.
- Etude et installation de tuyauteries et d'infrastructures hydromécaniques.
- Instrumentation, régulation et automates programmables.
- Equipements électromécaniques des stations de pompages, forages et stations de traitement d'eau potable.
- Installation de la télécommande et télégestion.
- Maintenance et rénovation des équipements électromécaniques (armoires de commandes, pneumatique, hydraulique, électronique de puissance,... etc).
- Installation et entretien de postes de livraison (transformateurs MT/BT, protection amont et aval, etc).

L'activité de MCR ELECTRIC s'exerce dans trois secteurs

- **Electromécanique** : ces prestations englobent l'étude, la conception, la réalisation, les essais et mise en service d'installations de machines électriques (moteurs, démarreurs, variateurs, ...).
- **Automatismes industriels**
 - Conseil, études et installations.
 - Conceptions, programmation et supervision.
 - Instrumentation et régulation.
 - Assistance et Maintenance.
 - Mise en service.
- **Hydraulique urbaine**

Ces prestations englobent l'étude d'exécution, la réalisation, la mise en service, la maintenance d'installation d'AEP (équipements de forages, boosters, stations de pompage, de traitement et d'épuration, postes de pompage des eaux usées) [1].

I. 3 Présentation de la station de pompage Tissemsilt

La station de pompage Tissemsilt est constituée de quatre (4) réservoirs de stockage, et une salle de pompage qui est composée de quatre (4) G.E.P.H (Groupe Electropompe à axe horizontal) ayant un débit de 45 L/S et une HMT (hauteur manométrique totale) 153 m (Figure I.1).

Le réservoir R2000 m³ de la station de reprise qui est alimenté par le réservoir Tissemsilt R5000 m³ gravitaire.

Le réservoir R2000 m³ de la station de reprise refoule vers le réservoir laayoune R2500 m³ et le réservoir Khemisti R2500 m³.

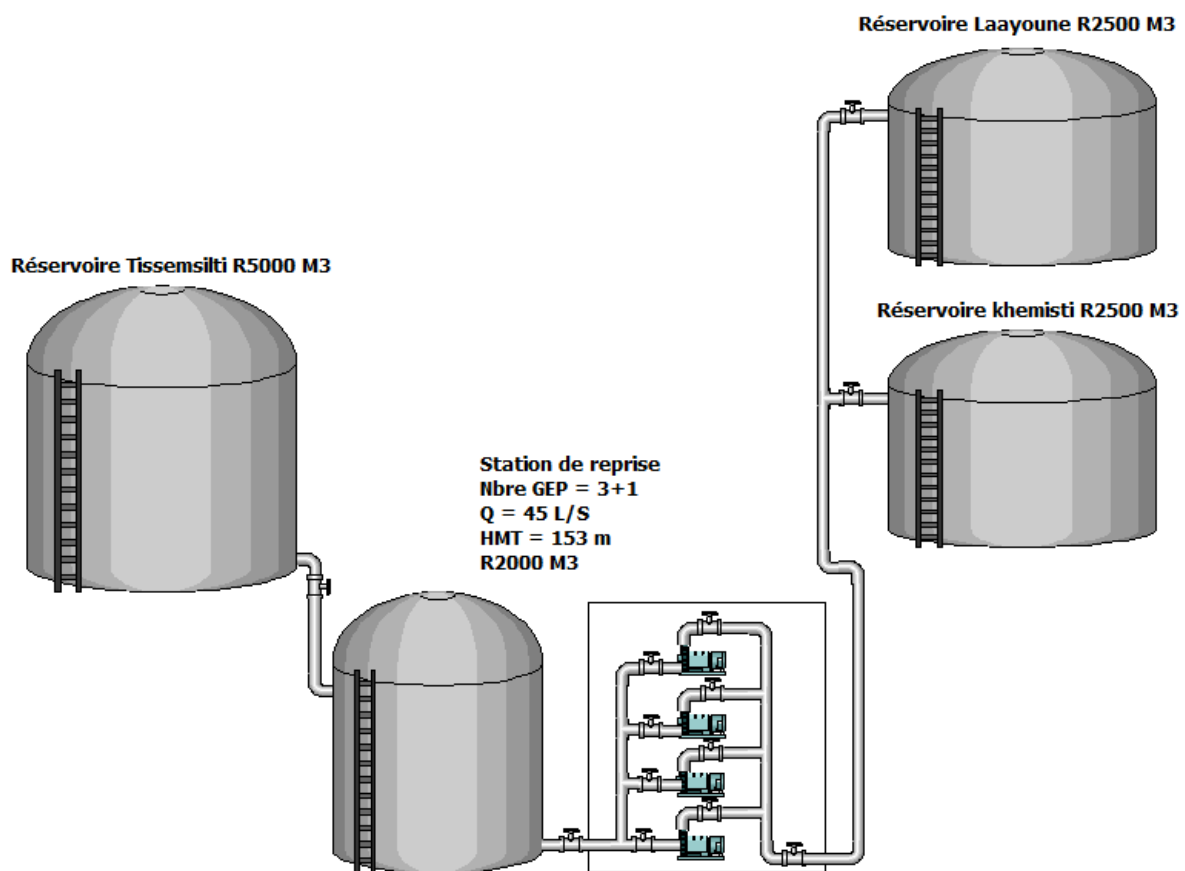


Figure I.1 : Schéma de la station de pompage Tissemsilt

I.3.1 Anti-bélier

En cas d'arrêt brutal d'une station de pompage, l'alimentation de la conduite n'est plus assurée, la conduite en amont du refoulement est alors soumise à une surpression, pour éviter l'endommagement de l'installation en utilisant la protection (Anti-bélier).

Anti-bélier (Figure I.2) est un système utilisé en hydraulique. C'est un dispositif destiné à amortir l'onde de choc provoquée par la fermeture rapide d'une vanne ou dans notre cas d'un arrêt immédiat du pompage.

Cette onde de choc est appelée coup de bélier. Ce dispositif constitué d'un bocal étanche, connecté d'un côté au réseau, là où l'on doit amortir les ondes de choc.

A l'intérieur de cette chambre se trouve une membrane en caoutchouc séparant d'un côté un liquide et de l'autre côté un gaz ou de l'air sous pression [2].

Lorsqu'un coup de bélier s'enclenche, la surpression engendrée vient faire rentrer le liquide dans l'anti-bélier.



Figure I.2 : Anti-bélier

I.3.2 Groupe électropompe

Le groupe électropompe (Figure I.3) est utilisé pour le pompage et la distribution de fluide (dans notre cas pour le pompage d'eau potable).

Il se compose essentiellement d'une pompe accouplée à un moteur asynchrone triphasé.



Figure I.3 : Groupe électropompe

I.3.3 Pompe à axe horizontal

Une pompe (Figure I.4) est un dispositif destiné pour aspirer puis refouler des fluides, elle transforme ainsi une énergie mécanique (couple et vitesse de rotation de l'arbre) en énergie hydraulique (débit et pression) [2].



Figure I.4 : Pompe à axe horizontale

I.3.3.1 Choix d'une pompe

- assurer le débit d'aspiration (**Q**) et la hauteur manométrique totale (**HMT**).
- le rendement est meilleur (**η**).
- Vitesse de rotation la plus élevée.
- Puissance absorbée minimale.

I.3.3.2 Caractéristique de notre pompe

La pompe que nous utilisons est une pompe à axe horizontal de puissance (P) 93.8 KW, et débit (Q) 45 L/S, et la hauteur de refoulement (HMT) 153m [1].

I.3.4 Moteur asynchrone triphasé

Le moteur asynchrone triphasé (Figure I.5) est très utilisé dans l'industrie, il est utilisé pour transformer l'énergie électrique en énergie mécanique grâce à des phénomènes électromagnétiques. Il possède en effet plusieurs avantages: robustesse, moins cher et sa simplicité de construction en fait un matériel très fiable et demande peu d'entretien [3].

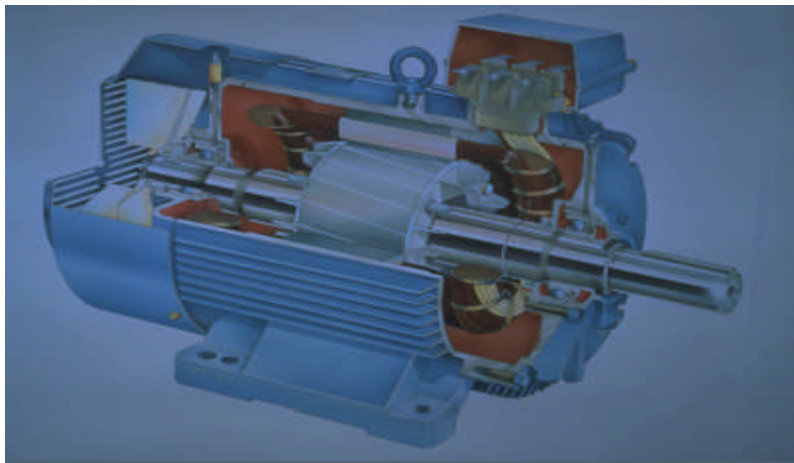


Figure I.5 : Vue en coupe d'un moteur asynchrone

I.3.4.1 Constitution

Le moteur asynchrone triphasé comprend deux parties principales : un inducteur fixe nommé stator et un induit mobile nommé rotor.

➤ Le stator

Le stator comporte une carcasse en acier qui contient trois enroulements électriques. Le passage du courant dans les enroulements crée un champ magnétique. Les enroulements du stator sont prévus pour être couplés, soit en étoile, soit en triangle.

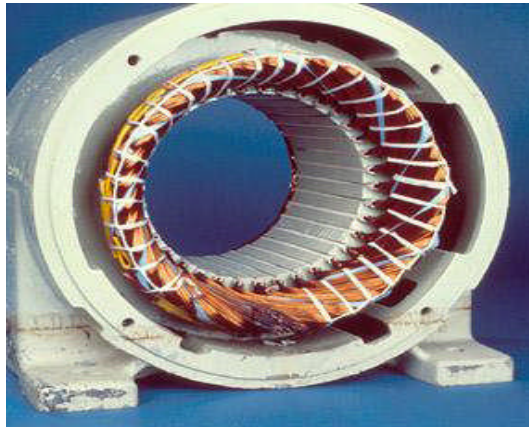


Figure I.6 : Le stator

➤ Le rotor

C'est la partie mobile du moteur, il est à l'intérieur du stator et constitué d'un disque en aluminium ou en cuivre. Le champ tournant, issu des bobines du stator, induit dans le disque des courants. L'interaction de ces courants et du champ magnétique tournant crée un couple moteur qui provoque la rotation du rotor à une vitesse légèrement inférieure.



Figure I.7 : Le rotor

I.3.4.2 Principe de fonctionnement

Le principe des moteurs asynchrones réside dans l'utilisation d'un champ magnétique tournant produit par des tensions alternatives. La circulation d'un courant dans une bobine crée un champ magnétique B . Ce champ est dans l'axe de la bobine, sa direction et son intensité sont fonction du courant I . C'est une grandeur vectorielle (Figure I.8).

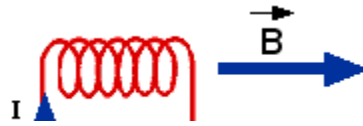


Figure I.8 : Orientation d'un champ magnétique

Dans le cas du moteur triphasé, les trois bobines sont disposées dans le stator à 120° les unes des autres, trois champs magnétiques sont ainsi créés. Compte-tenu de la nature du courant sur le réseau triphasé, les trois champs sont déphasés (chacun à son tour passe par un maximum). Le champ magnétique résultant tourne à la même fréquence (Figure I.9).

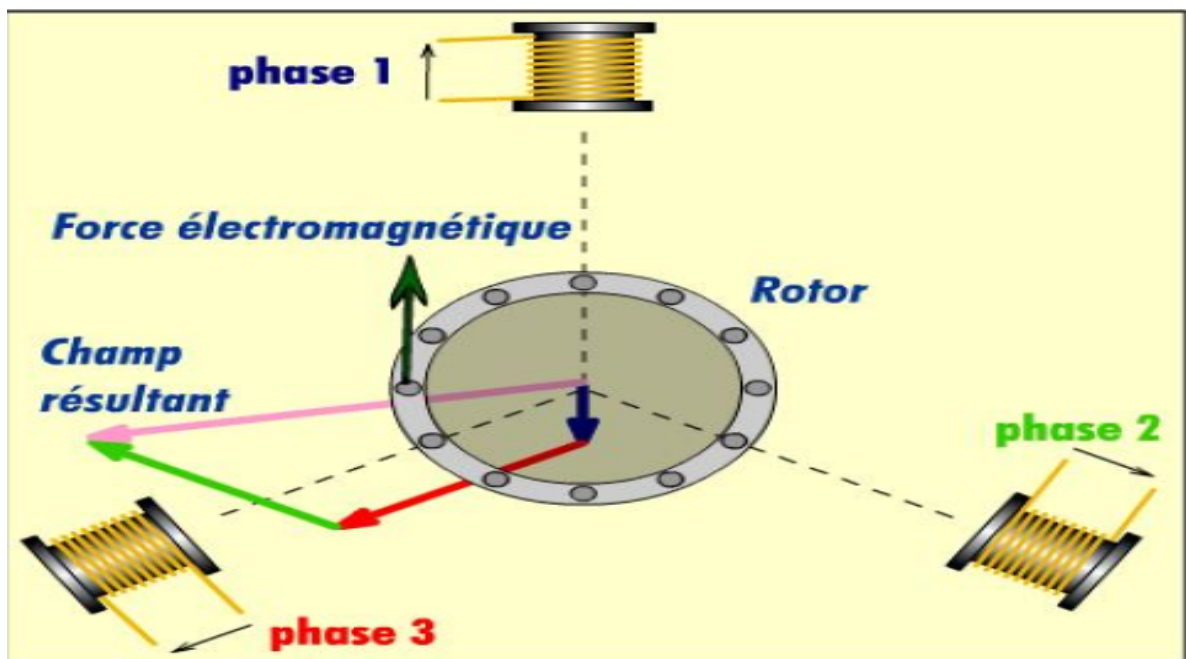


Figure I.9 : Principe de fonctionnement

I.3.4.2 Présentation de la plaque à bornes de moteur

Le stator de moteur asynchrone standard possède trois enroulements reliés à une Plaque à bornes comportant six bornes repérées U1, V1, W1 et U2, V2, W2.
 Les enroulements sont branchés de la manière suivante:

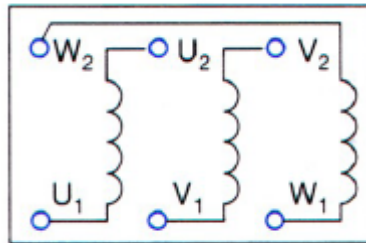


Figure I.10 : Branchement des enroulements

I.3.4.3 Couplage

Le couplage des enroulements statoriques permet de faire fonctionner les moteurs asynchrones sous deux tensions, il est fonction de la tension du réseau et de la tension que peuvent supporter les enroulements. Il y a deux possibilités de branchement du moteur au réseau électrique triphasé : le montage en étoile (Figure I.12) et le montage en triangle (Figure I.11).

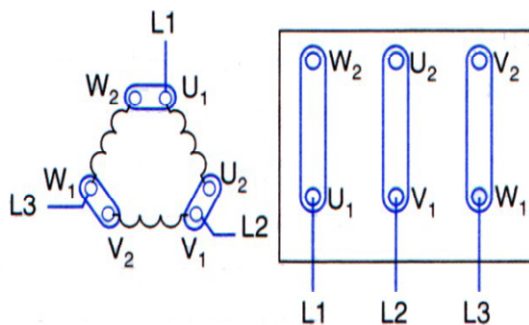


Figure I.11 : Couplage triangle

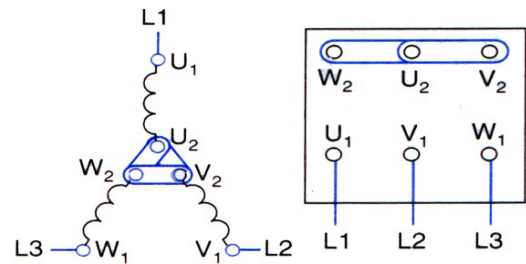


Figure I.12 : Couplage étoile

I.3.4.4 Vitesse d'un moteur asynchrone

La vitesse du champ tournant du stator n'est pas influencée par les variations de la tension, mais elle est proportionnelle à la fréquence et au nombre de paires de pôles constituant le stator. $N_s = \frac{60f}{p}$

Avec :

N_s : la vitesse de synchronisme, en tours /minutes (tr/min)

p : le nombre de pair de pôles

f : fréquence du réseau en Hertz (Hz)

I.3.4.5 Glissement d'un moteur asynchrone

On appelle glissement d'un moteur asynchrone la différence de vitesse entre le rotor et celle des champs statoriques.

Le glissement correspond à l'équation suivante:

$$g = \frac{N_s - N}{N_s}$$

Avec :

N : la vitesse de rotation (tr/min)

g : le glissement du moteur en pourcentage (%).

N_s : vitesse de synchronisme (tr/min)

I.3.4.6 Puissance absorbée par le moteur

$$P_a = \sqrt{3} UI \cos \varphi$$

Avec $\cos \varphi$: facteur de puissance du moteur.

I.3.4.7 Rendement de moteur

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}$$

Avec : $P_u = P_a - (P_{js} + P_{fs} + P_{jr} + P_m)$

P_u : puissance utile

P_{js} : pertes joule statorique

P_{fs} : pertes fer statorique

P_{jr} : pertes joule rotorique

P_m : pertes mécaniques

I.3.5 Le démarreur progressif ATS 48

Pour démarrer les groupes électropompes, on a opté pour un démarrage progressif en utilisant un démarreur Schneider ATS 48 (Figure I.13). Le choix s'est posé sur ce démarreur progressif comme solution convenable grâce aux avantages de ce démarrage :

- Réduction le temps de câblage
- Evite l'encombrement de l'armoire
- Diminue les coûts de maintenance
- Facilité de manipulation
- L'affichage de défaut sur l'écran de démarreur
- Les protections sont intégrées

I.3.5.1 Définition

Les démarreurs progressifs sont des appareils de commande électroniques conçus pour le démarrage progressif des machines asynchrones à courant triphasé. Par le biais d'une commande en angle de phase, les trois phases du moteur sont influencées par des thyristors de telle sorte que les intensités puissent augmenter constamment. Le couple du moteur se comporte de la même manière au cours de l'accélération. Ceci permet au moteur de démarrer sans secousses. On évite aussi la détérioration d'éléments de commande en réduisant le couple au démarrage qui se manifeste brutalement dans le cas d'un enclenchement direct.

Cette propriété permet de réduire les coûts de fabrication des éléments du moteur.

La fonction d'arrêt progressif a pour but de prolonger la durée naturelle de décélération des moteurs et d'éviter ainsi leurs arrêts brutaux [3].



Figure I.13 : Démarreur ATS 48

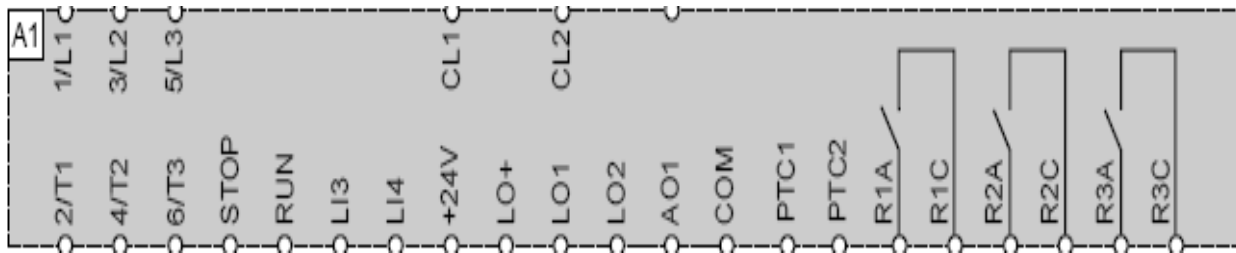


Figure I.14 : Schéma représentatif de démarreur ATS 48

I.3.5.2 Raccordement de démarreur ATS 48

- CL1 - CL2 : Le réseau d'alimentation
- 1/L1 - 3/L2 - 5/L3 : Alimentation puissance
- 2/T1 - 4/T2 - 6/T3 : Sorties vers moteur
- STOP : Arrêt démarreur
- RUN: Marche démarreur
- LI3 – LI4 : Les entrées programmables
- +24V: Alimentation des entrées logiques
- LO+ : Alimentation des sorties logiques
- LO1 – LO2 : Sorties logiques programmables
- AO1: Sortie analogique programmable
- COM: Commun des entrées /sorties
- PTC1-PTC2: Entrée pour sondes thermiques de moteur (thermistance)
- R1: Relais de défaut
- R2: Relais de court-circuitage en fin de démarrage
- R3: Moteur alimenté

I.3.5.3 Fonctions des entrées logiques RUN et STOP

- **Commande deux 2 fils**

La mise en marche et l'arrêt sont commandés par une seule entrée logique (Figure I.15). L'état 1 (marche) et l'état 0 (arrêt), qui est pris en compte sur les entrées RUN et STOP en même temps. Lors d'une mise sous tension ou d'une remise à 0 de défaut manuelle, le moteur redémarre si l'ordre RUN est présent [4].

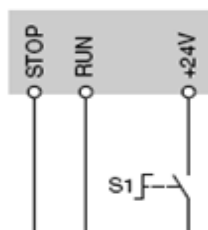


Figure I.15 : Commande 2 fils

- **Commande trois (3) fils**

La mise en marche et l'arrêt sont commandés par 2 entrées logiques différentes (Figure I.16). L'arrêt est obtenu à l'ouverture (état 0) de l'entrée STOP. L'impulsion sur l'entrée RUN est mémorisée jusqu'à ouverture de l'entrée STOP. Lors d'une mise sous tension ou d'une remise à 0 de défaut manuelle, le moteur ne peut être alimenté qu'après une ouverture préalable (état 0) puis une nouvelle impulsion (état 1) de l'entrée RUN [4].

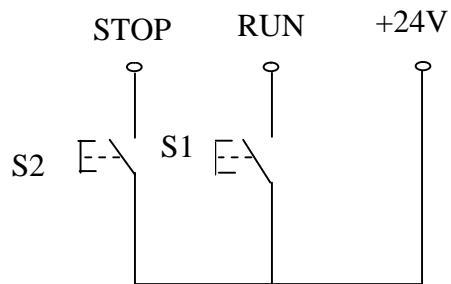


Figure I.16 : Commande 3 fils

I.3.5.4 Constitution

Les démarreurs progressifs sont composés de deux modules généralement regroupés dans la même enveloppe (Figure I.17).

- Un module de contrôle qui gère le fonctionnement de l'appareil.
- Un module de puissance qui alimente le moteur en énergie électrique.

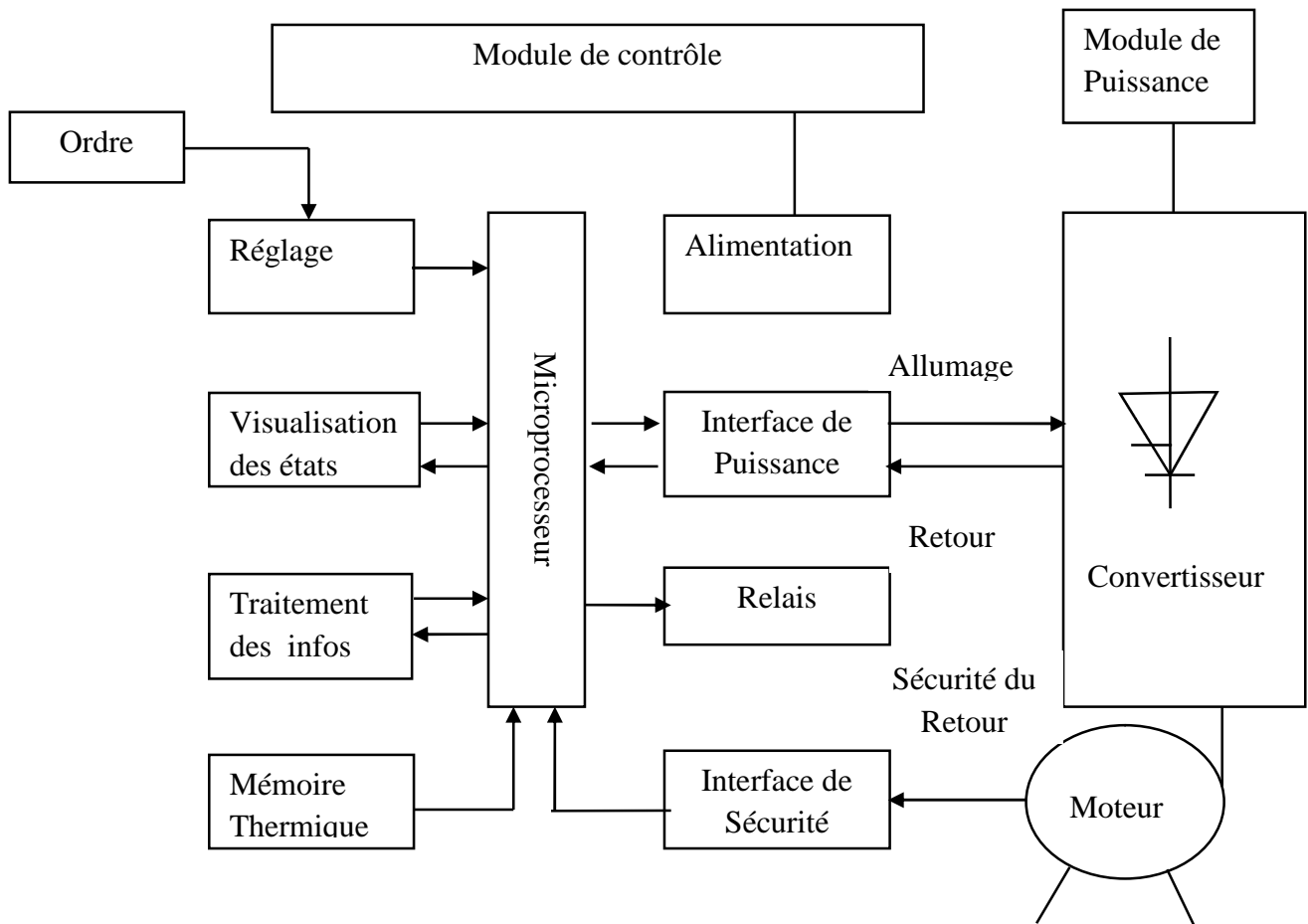


Figure I.17 : Structure générale d'un démarreur progressif

➤ Le module de contrôle

Le démarreur ATS 48 possède un microprocesseur qui commande toutes les fonctions, et exploite toutes les règles, les ordres transmis par un opérateur ou par une unité de traitement et les résultats de mesures comme la vitesse, le courant, etc. A partir des informations le microprocesseur gère:

- L'allumage des composants de puissance.
- Les rampes d'accélération et de décélération.
- La limitation en courant.
- Les protections.

➤ **Le module de puissance**

Le module de puissance est principalement constitué de:

- Composants de puissance (thyristors).
- Interface de tension ou de courant.

Les composants de puissance sont des semi-conducteurs fonctionnant en tout ou rien.

I.3.5.5 Le thyristor

C'est un semi-conducteur qui possède trois bornes: l'anode (A), la Cathode (C) et la gâchette (G) [5].

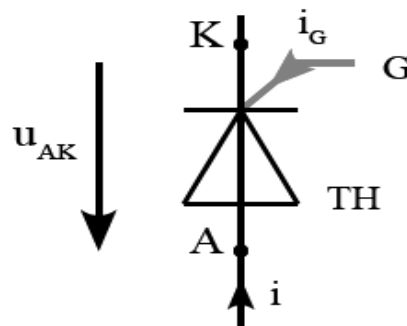


Figure I.18 : Schéma d'un thyristor

- **Fonctionnement de thyristor**

Pour amorcer le thyristor, il faut que la tension $U_{AK} \geq 0$, et envoyer un courant i_G . Dès que ces deux conditions sont remplies, le thyristor conduit tant que le courant i qui circule dans le thyristor de l'anode vers la cathode reste positif. Dès que le thyristor entre en conduction, il n'est plus nécessaire de faire circuler un courant i_G dans la gâchette [5].

I.3.5.6 Principe de fonctionnement d'un démarreur ATS 48

Le démarreur réalise la mise en vitesse et le ralentissement progressif des moteurs asynchrones sans à coup et sans pointes de courant ni chute de tension excessives mêmes en cas de fortes inerties.

Son circuit de puissance comporte, par phase, deux thyristors montés en tête bêche, la variation de la tension est obtenue en faisant varier le temps de conduction de ces thyristors au cours de chaque demi période. Plus l'instant de l'amorçage est retardé, plus la valeur de la tension résultante est faible.

L'amorçage des thyristors est géré par un microprocesseur qui assure les fonctions suivantes :

- Contrôle des rampes d'accélération et de décélération réglable.
- Limitation du courant réglable.
- Commande de freinage par injection de courant continu.
- Protection des démarrages contre les surcharges.
- Protection du moteur contre les échauffements dus aux surcharges ou au démarrage trop fréquent.
- Détection de déséquilibre ou d'absence de phase. Les défauts de thyristors, sont.
 - Les surtensions et chutes de tension.
 - Les courts-circuits entre phase et entre phase et neutre.

I.3.5.7 Gradateur de tension

Le gradateur est un convertisseur qui permet de transformer une source de tension sinusoïdale alternative de valeur efficace fixe en une tension alternative de valeur efficace variable de même fréquence.

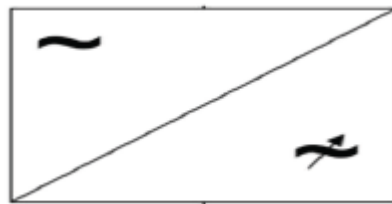


Figure I.19 : Symbole du gradateur

- **Principe de fonctionnement**

Le gradateur se comporte comme un interrupteur. Il permet d'établir ou d'interrompre la liaison entre la source de tension et le récepteur. La tension aux bornes du récepteur évolue en fonction de la commande de l'interrupteur. Le réglage de l'intensité du courant débité par la source permet de moduler l'énergie absorbée par le récepteur.

- **Constitution**

L'interrupteur qui constitue le gradateur est composé de deux thyristors, cet étage de puissance est associé à une « électronique » de commande permettant de faire varier l'angle d'amorçage α des thyristors (Figure I.20).

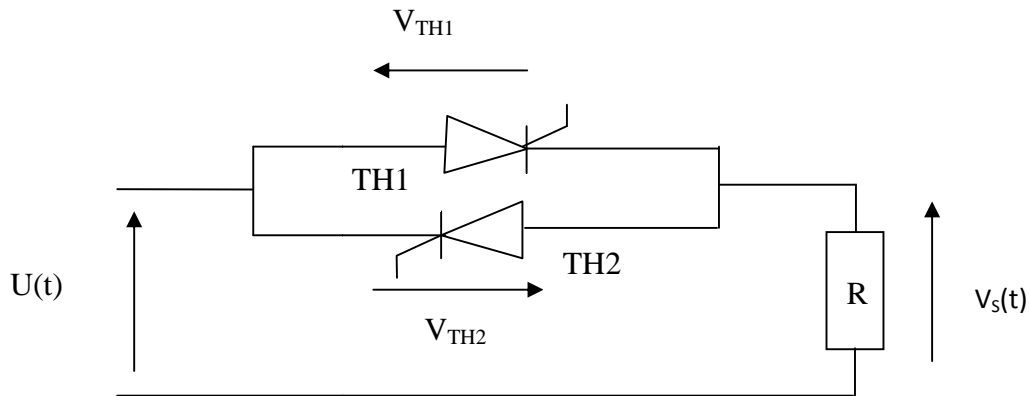


Figure I.20 : Principe de gradateur de tension

L'alimentation du moteur asynchrone triphasé, par montée progressive de la tension au démarrage est obtenue par l'intermédiaire d'un gradateur dont le circuit se compose de six thyristors, montés tête-bêche dans chaque phase du réseau (Figure I.21).

Il permet, en fonction de l'instant et de l'angle d'amorçage des thyristors (Figure I.22), de délivrer une tension qui augmente progressivement à fréquence fixe.

La montée progressive de la tension de sortie doit être, soit contrôlée par la rampe d'accélération, soit asservie à la valeur du courant de limitation, soit liée à ces deux paramètres [5].

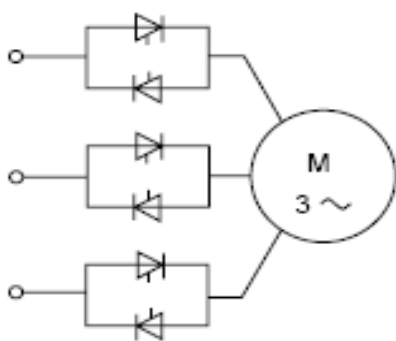


Figure I.21 : Schéma de principe

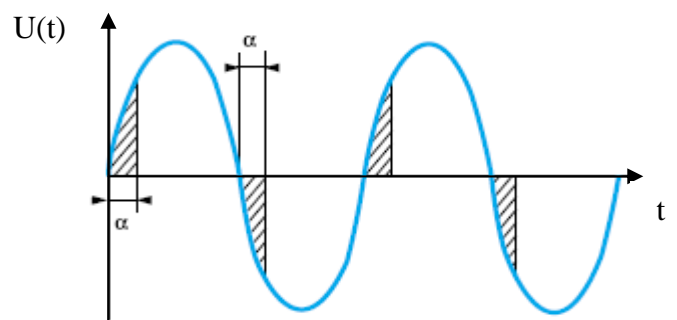
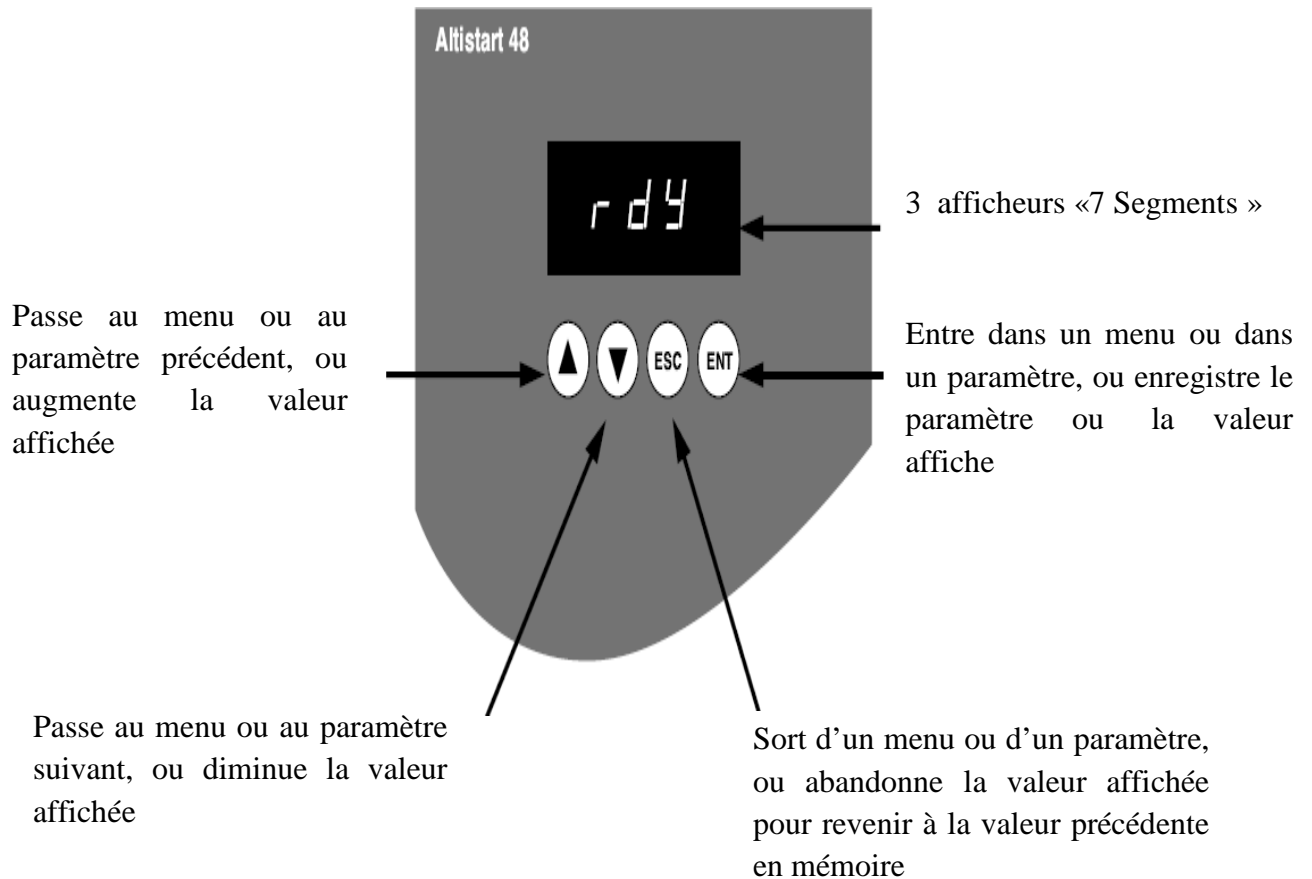


Figure I.22 : Angle d'amorçage

I.3.5.8 Afficheur de démarreur ATS 48



I.3.5.9 Les paramètres dans menu Réglages d'ATS 48

a) Menu Réglage SEt

- **Temps de rampe d'accélération (ACC)**

C'est le temps de croissance du couple de démarrage entre 0 et le couple nominal C_n , c'est-à-dire la pente de rampe de croissance de couple [4].

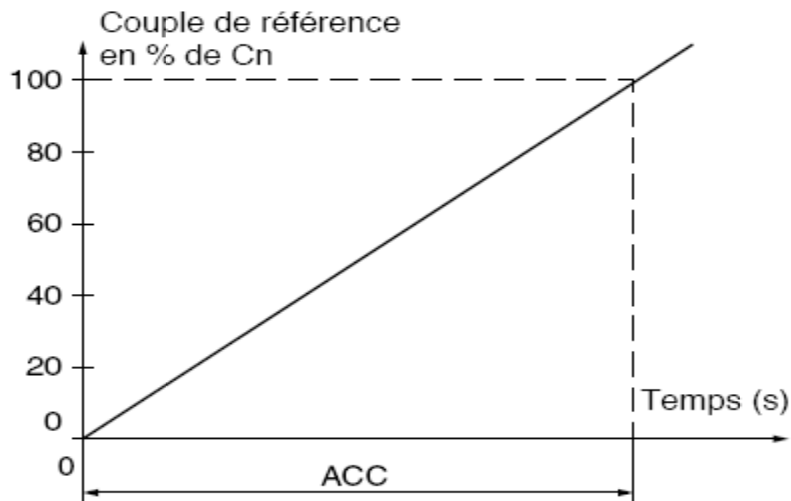


Figure I.23 : Rampe d'accélération du démarreur ATS 48

- **Temps de rampe de décélération (DEC)**

Permet de régler un temps compris entre 0 à 60s, pour passer du couple estimé au couple nul. Ceci adapte la progressivité de la décélération et évite les chocs hydrauliques sur les applications pompe par une modification de la pente de la référence couple.

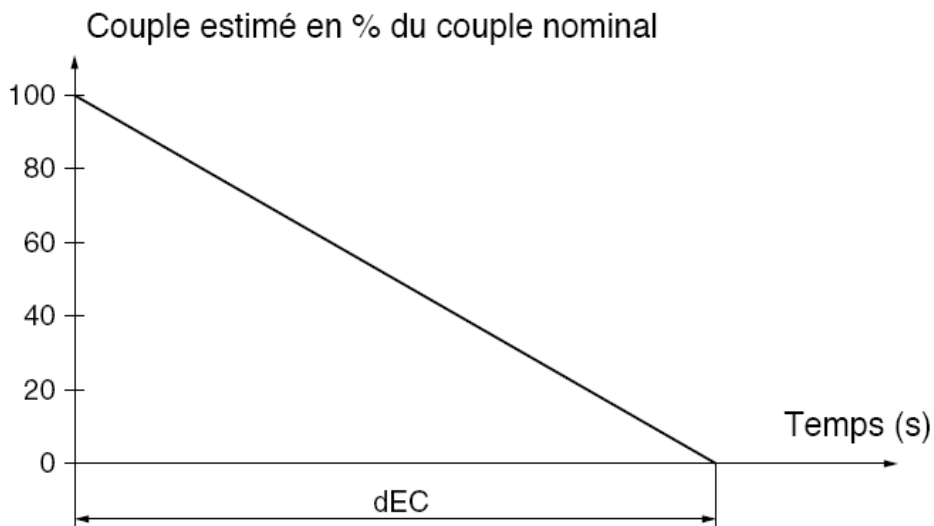


Figure I.24 : Rampe de décélération du démarreur ATS 48

- **Courant nominal du moteur**

La valeur du courant nominal du moteur indiqué sur la plaque signalétique.

b) Menu Protection Pro

- **Protection thermique du démarreur**

Protection thermique par sonde CTP fixée sur le radiateur et par calcul de l'échauffement des thyristors.

- **Protection thermique du moteur**

Le démarreur calcule en permanence l'échauffement du moteur à partir du courant nominal réglé I_n et du courant réellement absorbé.

Le défaut thermique peut être signalé par le relais **R1**, si la protection thermique n'a pas été inhibée. Après un arrêt du moteur ou une mise hors tension du démarreur, le calcul de l'état thermique se poursuit, même si le contrôle thermique de l'Altistart interdit le redémarrage du moteur si son échauffement est encore trop élevé.

- **Temps de démarrage trop long**

Si le temps de démarrage dépasse le temps de démarrage trop long, le démarreur se verrouille et affiche le défaut. Les conditions qui déterminent la fin d'un démarrage sont : tension réseau appliquée au moteur (angle d'allumage mini) et courant moteur inférieur à 1.3 I_n .

- **Protection contre l'inversion des phases du réseau**

Si les phases du réseau ne sont pas dans l'ordre configuré, sens inverse (L3, L2, L1), le démarreur se verrouille et affiche le défaut.

c) Menu affectation des entrées/sorties

- **Relais R1 (Relais de défaut)**

Le relais R1 est activé lorsque le démarreur est sous-tension, et désactivé lorsqu'un défaut apparaît.

Le relais R1 est destiné à commander le contacteur de ligne à partir des ordres **RUN** et **STOP** et à signaler un défaut. Le relais R1 est activé sur un ordre de marche **RUN**, il est désactivé en fin de freinage, après un ordre d'arrêt **STOP**.

- **Relais R2 (fin de démarrage)**

Le relais R2 est enclenché lorsque le démarreur est sous tension, et qu'il n'est pas en défaut, et que le démarrage du moteur est terminé. Il déclenche sur demande d'arrêt et sur défaut. Il peut être utilisé pour autoriser le court-circuitage de l'ATS 48 en fin de démarrage.

- **Relais R3**

Relais indiquant que le moteur est alimenté.

I.3.6 Capteurs

Un capteur est un dispositif d'acquisition qui transforme une grandeur physique (température, pression, force, etc.) en une grandeur normée, généralement électrique, son utilité est de permettre la transmission des informations mesurées à distance.

L'information délivrée par un capteur peut être logique (TOR), analogique et numérique.

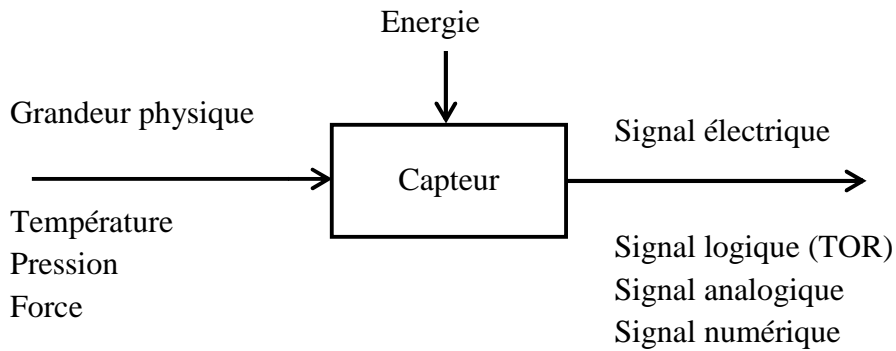


Figure I.25 : Structure générale d'un capteur

I.3.6.1 Débitmètre électromagnétique

Le débitmètre électromagnétique permet de mesurer le débit d'eau dans les conduites en charge avec une conductivité de liquide. Il est constitué d'un tube revêtu intérieurement d'un isolant et comportant deux électrodes de mesure [2].



Figure I.26 : Débitmètre électromagnétique

- **Principe de fonctionnement**

Le débitmètre électromagnétique fonctionne suivant le principe de Faraday. Quand un liquide conducteur s'écoule perpendiculairement à travers un champ magnétique, une différence de potentiel électrique est créée au sein du liquide (Figure I.27). Cette différence de potentiel captée à l'aide de deux électrodes permet, par le calcul, d'en déduire la vitesse puis le débit du fluide. Par la formule suivante :

$$U_e = B * L * V$$

$$Q = A * V$$

Avec :

U_e : force électromotrice induite (V)

B : induction magnétique (Tesla)

L : distance entre les électrodes (m)

V : vitesse d'écoulement (m/h)

Q : débit volumique (L/s)

A : section de conduite (m^2)

I : intensité du courant (A)

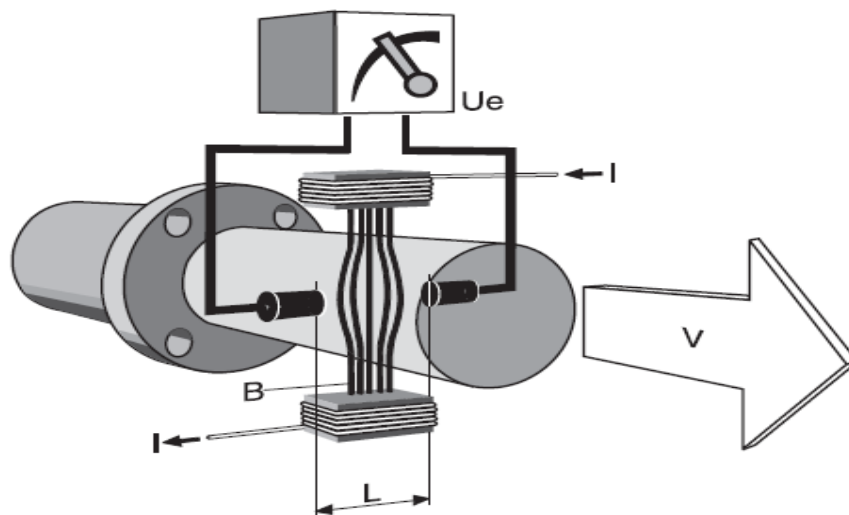


Figure I.27 : Principe de fonctionnement d'un débitmètre électromagnétique

I.3.6.2 Sondes de niveau

Les sondes de niveau sont constituées d'une électrode intérieure et de plusieurs électrodes extérieures capables de détecter divers niveaux dans un réservoir (niveau haut, niveau bas). Cette électrode détecte le niveau et permet d'actionner un relais (relai de niveau).



Figure I.28 : Les sondes de niveau

I.3.7 Equipement des armoires

I.3.7.1 Le Disjoncteur

C'est un appareil de protection qui comporte à la fois la protection contre les courts-circuits et contre les surcharges, par ouverture rapide du circuit en défaut. Il est la combinaison du Disjoncteur magnétique et du relais de surcharge [5].

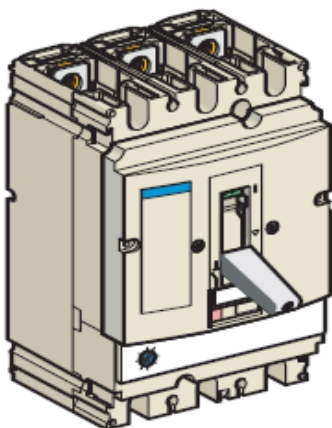


Figure I.30 : Disjoncteur compact

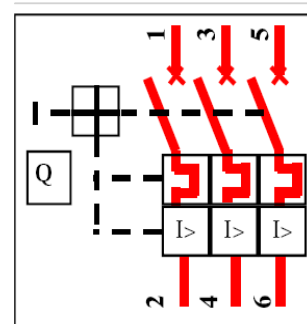


Figure I.31 : Symbole d'un Disjoncteur

I.3.7.2 Contacteur

Le contacteur est un appareil de commande qui permet d'établir ou de couper le courant dans un circuit de puissance et cela même en charge [5].



Figure I.32 : contacteur

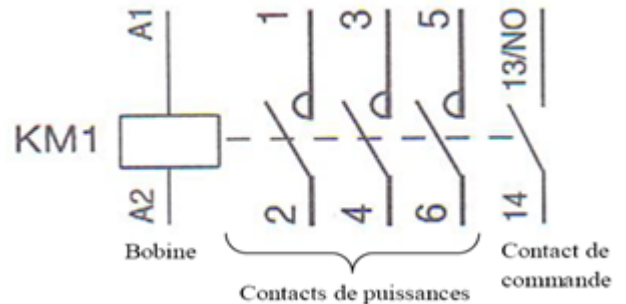


Figure I.33 : Symbole d'un contacteur

I.3.8 Présentation du pupitre de commande

Le pupitre de commande de la station de pompage «TISSEMSILT» est équipé d'un API TWIDO, ainsi que des relais miniature et de 4 disjoncteurs qui alimentent et protègent la commande des démarreurs. On distingue en outre un relais de niveau et des borniers de raccordement (pupitre, armoire), 4 ampèremètres, un voltmètre, 4 compteurs horaire, 4 déportés, les voyants d'allumages (niveau bas, stabilisation réseau, accélération, décélération, défaut, présence de tension), les boutons poussoirs (marche, arrêt), commutateur (manu, auto), arrêt d'urgence, un commutateur volt métrique [1].

I.3.8.1 Relais de niveau

Le relais de niveau permet de contrôler des niveaux de remplissage de liquide. Il permet la mise en marche des pompes.

Le relais de niveau est adapté également pour la protection contre la marche à vide des pompes et la protection de trop plein de réservoir.



Figure I.34 : Relais de niveau

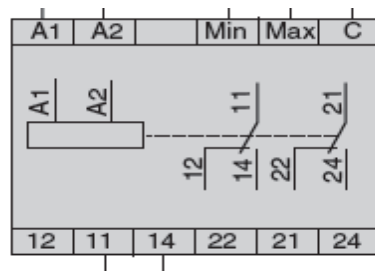


Figure I.35 : Schéma de relais de niveau

I.3.8.2 Relais miniature

Un relais électromécanique est un organe électrotechnique permettant la commutation de liaisons électriques. Le plus important est que le relais est un conducteur magnétique. Il est chargé de transmettre une onde de la partie commande à la partie puissance d'un appareil électrique et permet, entre autres une isolation galvanique entre les deux partis.



Figure I.36 : Relais miniature

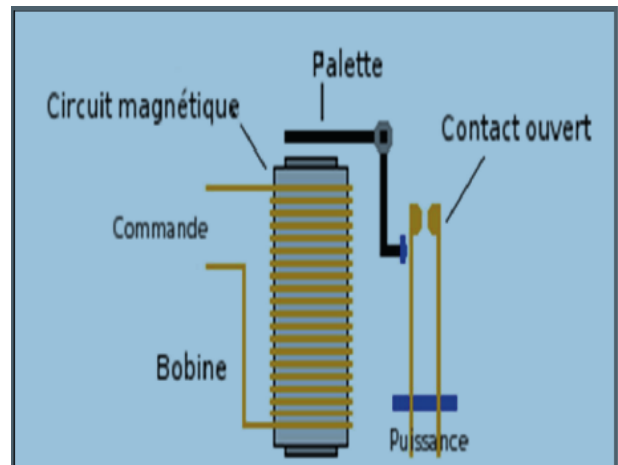


Figure I.37 : Schéma d'un relais électromécanique

I.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la station du pompage. Nous avons donné une description détaillée des différents équipements utilisés dans la station de pompage d'eau, qu'ils soient électriques ou instrumentaux, ainsi que leurs principes de fonctionnement. Le prochain chapitre sera consacré à l'élaboration de cahier des charges régissant le fonctionnement de la station du pompage et à sa modélisation en utilisant l'outil GRAFCET.

Chapitre II

II.1 Introduction

La conception d'un système automatisé passe impérativement par la modélisation du procédé, et cela se fait par un outil de représentation graphique le GRAFCET.

Nous présentons et proposons dans ce chapitre les solutions envisagées pour réduire l'intervention humaine dans le cycle de fonctionnement, améliorer la qualité et augmenter la productivité, ainsi que la sécurité de l'équipement.

Nous terminerons la présentation de l'outil GRAFCET utilisé par les modèles de conduite de notre système automatisé.

II.2 Le GRAFCET

II.2.1 Définition

Le GRAFCET (**GRA**phe **F**onctionnel **C**ommande **E**tapes **T**ransition) est un outil graphique de définition pour l'automatisme séquentiel. C'est un diagramme fonctionnel qui permet de décrire graphiquement les différents comportements de l'évolution d'un automatisme séquentiel. Il est à la fois simple à utiliser et rigoureux sur le plan formel et constitue un outil de dialogue entre toutes les personnes collaborant à la conception, à l'utilisation ou à la maintenance du procédé à automatiser [6].

II.2.2 Eléments graphiques de base

Le modèle GRAFCET est défini par un ensemble constitué d'éléments graphiques de base: les étapes, les transitions et les liaisons orientées, formant l'ossature graphique du GRAFCET (Figure II.1).

II.2.2.1 ETAPE

Situation dans laquelle le comportement de la partie commande est invariant vis-à-vis de ses entrées et de ses sorties. Une étape est représentée par un carré numéroté.

Une étape est **ACTIVE** ou **INACTIVE**. Un point à l'intérieur du carré est parfois utilisé pour l'étude du comportement dynamique du système, lorsque l'étape est active.

A une étape i , on peut associer une variable binaire x_i dont les états "0" et "1" sont associés respectivement à l'inactivité et à l'activité de l'étape i .

L'étape correspondant à l'initialisation du système est appelée **étape initiale**. Elle est représentée par un double carré. Il peut y avoir plusieurs étapes initiales dans un même GRAFCET.

II.2.2.2 TRANSITION

Une transition indique la possibilité d'évolution entre étapes. On associe à chaque transition une condition logique appelée réceptivité qui permet de distinguer parmi toutes les informations d'entrée possible, uniquement celles qui sont susceptibles de faire évoluer la partie commande. Une transition est représentée par une barre perpendiculaire à la liaison.

II.2.2.3 Action

Associée à une étape, une action n'est commandée que lorsque l'étape est active.

II.2.2.4 Réceptivité

Equation booléenne logique associée à une transition. C'est une fonction logique des entrées, de variables auxiliaires et/ou de l'activité d'étapes. Elle permet de distinguer parmi toutes les variables du système, celles qui sont susceptibles de faire évoluer la partie commande par franchissement d'une transition.

II.2.2.5 Les liaisons orientées

Les liaisons relient les étapes et les transitions, elles sont orientées. Le sens conventionnel de lecture se fait de haut en bas, sauf si une flèche précise un sens différent.

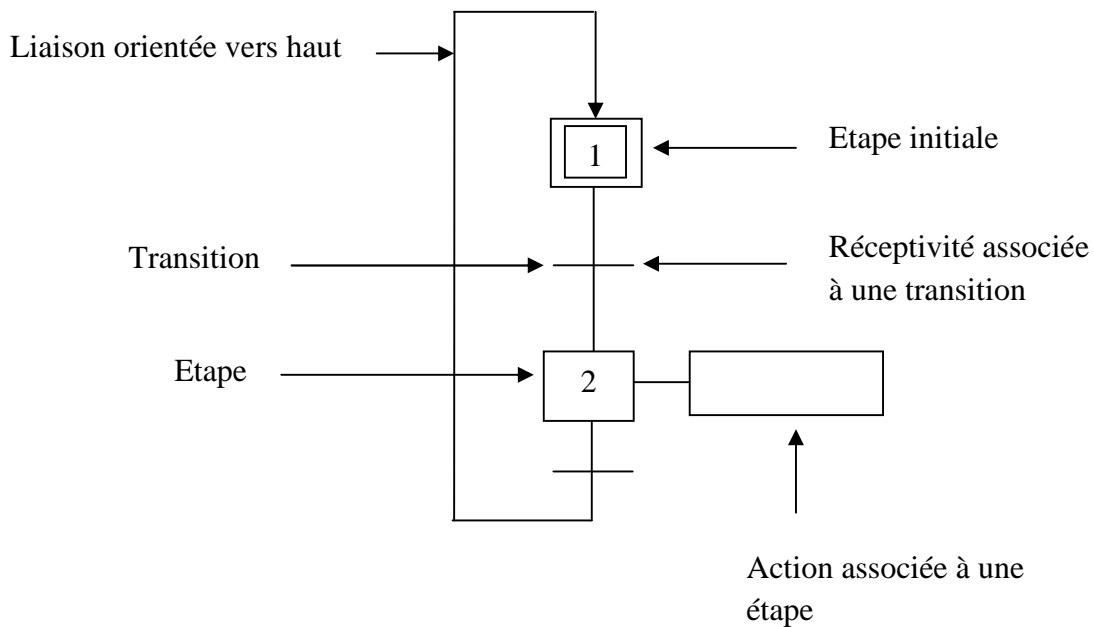


Figure II.1 : Structure graphique d’un GRAFCET

II.2.3 Structures de base

II.2.3.1 Séquence unique

Une séquence unique est composée d'une suite d'étapes pouvant être activées les unes après les autres. Chaque étape n'est suivie que par une seule transition et chaque transition n'est validée que par une seule étape.

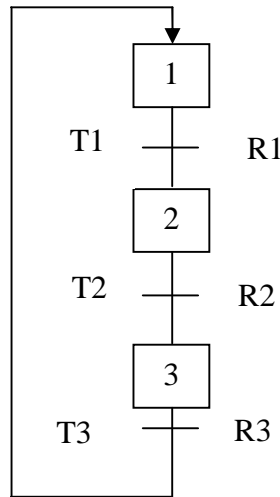


Figure II.2 : Le GRAFCET une seule séquence

II.2.3.2 Sélection de séquence

a) Convergence ET

La transition **T** sera validée lorsque l'étape 1 et 2 seront activées. Le franchissement d'une transition se produit lorsque la transition est validée et que la réceptivité **R** associée à cette transition est vraie.

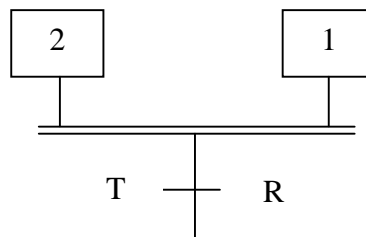


Figure II.3 : Convergence ET

b) Divergence ET

Lorsque la transition **T** est franchie, les étapes 1 et 2 sont actives.

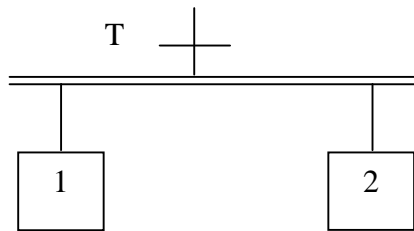


Figure II.4 : Divergence ET

c) Convergence OU

Après l'évolution dans une branche, il y a convergence vers une étape commune.

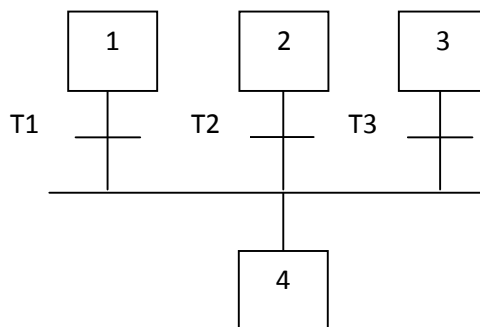


Figure II.5 : Convergence OU

d) Divergence OU

Le OU divergent permet de prendre en compte un choix, entre deux possibilités d'évolution. Ce choix d'évolution entre plusieurs étapes ou séquences se présente, à partir d'une ou plusieurs étapes.

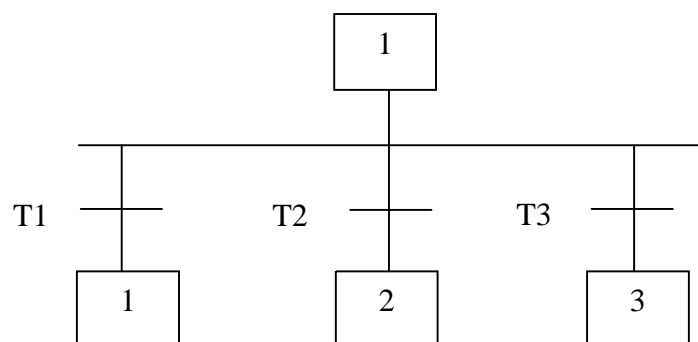


Figure II.6 : Divergence OU

e) Saut d'étape :

Le saut d'étape est une sélection de séquence de sauter plusieurs étapes en fonction des conditions d'évolutions (Figure II.7).

f) Reprise d'étape :

La reprise d'étape permet de recommencer une ou plusieurs fois une même séquence tant que la condition n'est pas obtenue (Figure II.8).

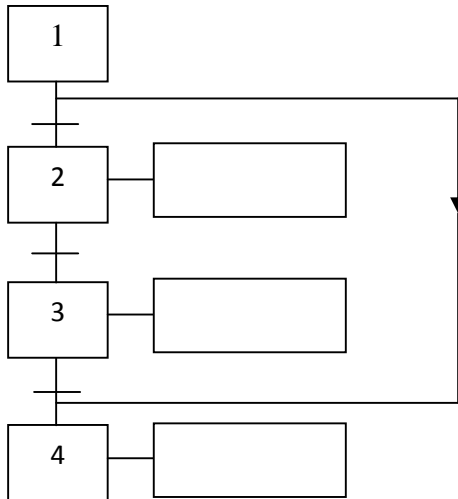


Figure II.7 : Saut d'étape

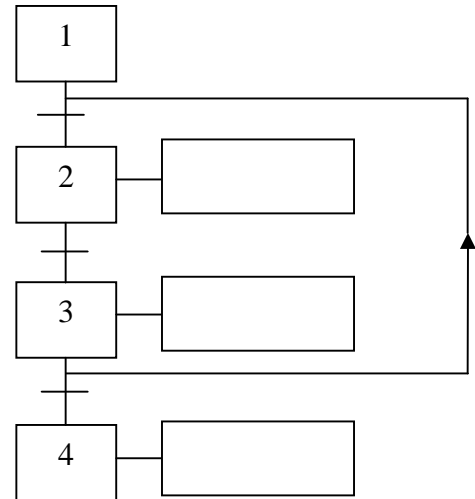


Figure II.8 : Reprise d'étape

g) Macro-étape

Une macro-étape sert à représenter un ensemble d'étapes et de transitions et se substitue à une étape de GRAFCET. La macro-étape comporte une étape d'entrée 'E' et une étape de sortie 'S', elle est notée 'M' (Figure II.10).

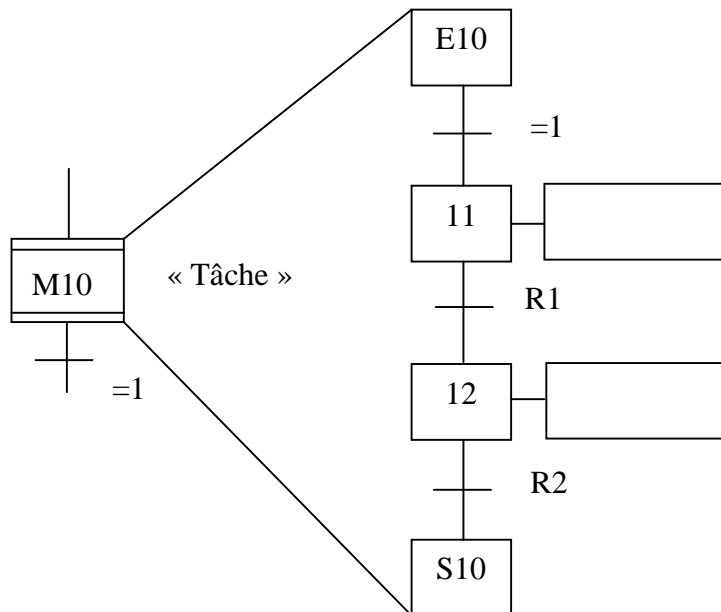


Figure II.10 : Représentation d'une macro-étape

h) Temporisation :

Les temporisations sont des variables booléennes qui permettent une prise en compte du temps. Pour transcrire ces temporisations, on fait appel à un opérateur normalisé $t1/xi/t2$ Avec :

t1: le retard apporté au changement de l'état inactif de l'étape i.

t2: le retard apporté au changement de l'état actif de l'étape i.

II.2.4 Niveau d'un GRAFCET

II.2.4.1 GRAFCET niveau 1 (spécifications fonctionnelles)

C'est le niveau de la PC (partie de commande), il décrit l'aspect fonctionnel du système et les actions à faire par la PC en réaction aux informations provenant de la PO (partie opérative) indépendamment de la technologie utilisée. Les réceptivités sont décrites en mots et non en abréviations [2].

II.2.4.2 GRAFCET niveau 2 (spécifications technologiques et opérationnelles)

Appelé aussi niveau de la partie opérative, il tient compte de détails des actionneurs, des pré-actionneurs et des capteurs. La représentation des actions et des réceptivités est écrite en abréviation et non en mots [2].

II.2.5 Règles d'évolution de GRAFCET

II.2.5.1 Règle 1: situation initiale

La situation initiale d'un GRAFCET caractérise l'état de la partie opérative au démarrage de la partie commande. Elle correspond aux étapes actives au début de fonctionnement appelées étapes initiales.

II.2.5.2 Règle 2: Franchissement d’une transition

L’évolution de la situation du GRAFCET s’accomplit par le franchissement d’une transition, ce qui ne peut se produire :

- Que lorsque cette transition est validée.
 - Et que lorsque la réceptivité associée à cette transition est vraie.
- Lorsque ces deux conditions sont réunies, la transition est alors franchie.

II.2.5.3 Règle 3: Evolution des étapes actives

Le franchissement d'une transition entraîne simultanément l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.

II.2.5.4 Règle 4: Evolutions simultanées

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

II.2.5.5 Règle 5 : Activation et désactivation simultanées

Si au cours du fonctionnement de l’automatisme, une même étape est en même temps désactivée et activée, elle reste active.

II.2.6 Mise en équation d’un GRAFCET

Règle générale

Pour qu’une étape soit activée il faut que :

- L’étape immédiatement précédente soit activée.
- La réceptivité immédiatement précédente soit vraie.
- L’étape immédiatement suivante soit non active.
- Après activation, l’étape mémorise son état.

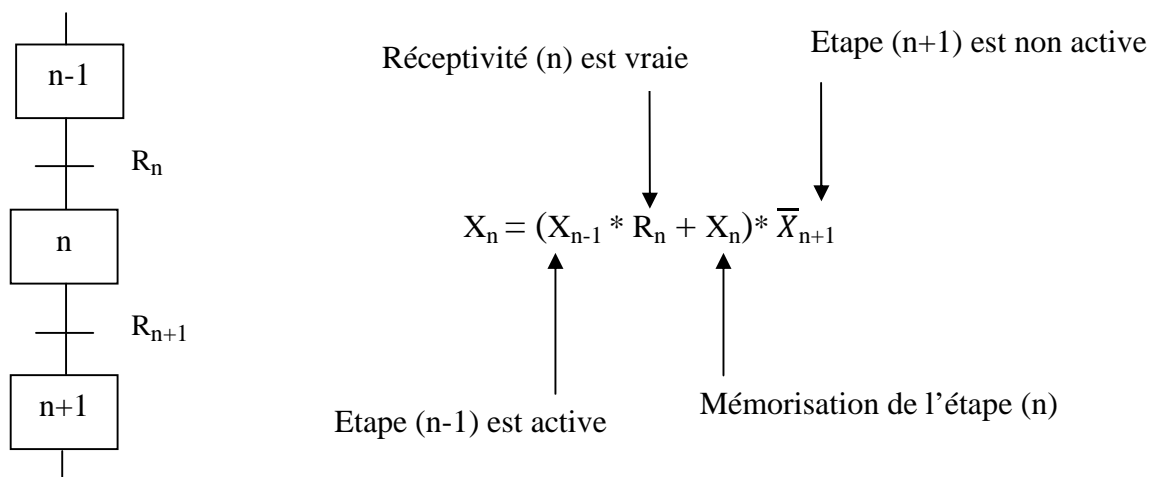


Figure II.11 : Mise en équation d’un GRAFCET

II.3 Description de cahier des charges de la station

La solution programmable de la station doit être munie au départ d'une stabilisation de réseau électrique, le voyant « stabilisation réseau » clignote pendant 3 minutes puis se fixe.

La mise en activation initial des pompes passe par la détection du niveau haut de réservoir de stockage ainsi que du contact R1 de démarreur progressif ATS 48 qui doit être initialement fermé.

La sélection d'une pompe activable passe par le respect des conditions de mise en réserve, préalablement imposées par l'opérateur.

Le pupitre est doté d'un relais de niveau qui permet de protéger les pompes contre les démarrages à vide.

Le démarreur est muni de plusieurs protections (par exemple: protection thermique, perte de phase, inversion de phase, pente d'accélération, pente de décélération, etc.).

La sélection de mode de fonctionnement de la station passe préalablement par la sélection de l'opérateur de conduite de la position de commutateur (Manuel/Auto).

II.3.1 Fonctionnement en mode manuel

La mise en marche des pompes passe par la validation de l'opérateur de conduite du bouton poussoir d'activation « MARCHE » qui active le contact du démarreur progressif RUN/STOP, ce qui enclenche la fermeture du contact NO du relais R3 indiquant que le moteur est alimenté. Ce dernier active la phase d'accélération (ACC 7secondes) finissant par la fermeture du contact R2 (fin de démarrage).

La validation de l'opérateur de conduite du bouton poussoir de désactivation « Arrêt », entraîne la désactivation du voyant « MARCHE » ce qui enclenche l'ouverture du contact fin de démarrage R2, qui actionne la phase de décélération (DEC 7secondes), La fin de la phase de décélération commande l'ouverture du contact relais R3 indiquant la mise hors tension du moteur.

L'arrêt progressif des pompes est actionné soit par un bouton poussoir d'arrêt ou par la détection de niveau bas du réservoir de stockage.

L'arrêt brusque du système de pompage est actionné uniquement par l'arrêt d'urgence, d'une coupure subite de courant d'alimentation ou d'un défaut.

II.3.2 Fonctionnement en mode automatique

La mise en activation du mode automatique implique un mode de fonctionnement unique, la priorité d’activation passe par la pompe 1 suivie de la pompe 2, puis la pompe 3, la pompe 4 reste éteinte (secours).

Le mode automatique comprend plusieurs modes sélectifs de démarrages des pompes qui sont les suivants :

- Si l’opérateur de conduite n’actionne aucun commutateur de mise en réserve, la procédure d’activation commence par la pompe 1, suivie de la pompe 2, se terminant par la pompe 3, avec la pompe 4 qui est mise automatiquement en arrêt.
- Si l’opérateur actionne au départ du cycle de pompage le commutateur RES de pompe 1, la procédure d’activation commence par le démarrage de la pompe 2, pompe 3, se terminant par l’activation de la pompe 4, avec la pompe 1 en réserve.
- Si l’opérateur actionne au départ du cycle de pompage le commutateur RES de la pompe 2, la procédure d’activation commence par le démarrage de la pompe 1, pompe 3, se terminant par l’activation de la pompe 4, avec la pompe 2 en réserve.
- Si l’opérateur actionne au départ du cycle de pompage le commutateur RES de la pompe3, la procédure d’activation commence par le démarrage de la pompe 1, pompe 2, se terminant par l’activation de la pompe 4, avec la pompe 3 en réserve.
- L’activation du RES de la pompe1 pendant le mode de fonctionnement tout en faisant sa pente de décélération entraînera l’activation de la pompe 4.
- L’activation du RES de la pompe2 pendant le mode de fonctionnement tout en faisant sa pente de décélération entraînera l’activation de la pompe 4.
- L’activation du RES de la pompe3 pendant le mode de fonctionnement tout en faisant sa pente de décélération entraînera l’activation de la pompe 4.

II.3.3 Table des mnémoniques

Niveau 1	Niveau 2
Alimentation électrique	RESEAU
Voyant réseau stabilisé	RESEAU STABILISE
Commutateur sur position manuel	MANU
Commutateur sur position automatique	AUTO
Niveau haut	NIV_HAUT
Niveau bas	NIV_BAS
Pompe 1 en réserve	RES_P1
Pompe 2 en réserve	RES_P2
Pompe 3 en réserve	RES_P3
Pompe 4 en réserve	RES_P4
Commande RUN /STOP pompe 1	RUN/STOP_P1
Commande RUN /STOP pompe 2	RUN/STOP_P2
Commande RUN /STOP pompe 3	RUN/STOP_P3
Commande RUN /STOP pompe 4	RUN/STOP_P4
Bouton poussoir marche pompe 1	BP-MAR_P1

Bouton poussoir marche pompe 2	BP-Mar_P2
Bouton poussoir marche pompe 3	BP-MAR_P3
Bouton poussoir marche pompe 4	BP-MAR_P4
Voyant marche pompe 1	Marche_P1
Voyant marche pompe 2	Marche_P2
Voyant marche pompe 3	Marche_P3
Voyant marche pompe 4	Marche_P4
Voyant ACC/DEC pompe 1	ACC/DEC_P1
Voyant ACC/DEC pompe 2	ACC/DEC_P2
Voyant ACC/DEC pompe 3	ACC/DEC_P3
Voyant ACC/DEC pompe 4	ACC/DEC_P4
Relais de défaut pompe 1	R1_P1
Relais de défaut pompe 2	R1_P2
Relais de défaut pompe 3	R1_P3
Relais de défaut pompe 4	R1_P4
Relais fin de démarrage pompe 1	R2_P1
Relais fin de démarrage pompe 2	R2_P2
Relais fin de démarrage pompe 3	R2_P3
Relais fin de démarrage pompe 4	R2_P4
Moteur alimenté pompe 1	R3_P1
Moteur alimenté pompe 2	R3_P2
Moteur alimenté pompe 3	R3_P3
Moteur alimenté pompe 4	R3_P4
Bouton poussoir arrêt de pompe 1	BP AR P1
Bouton poussoir arrêt de pompe 2	BP AR P2
Bouton poussoir arrêt de pompe 3	BP AR P3
Bouton poussoir arrêt de pompe 4	BP AR P4
Bouton poussoir arrêt d'urgence	BP ARU

II.4 GRAFCET niveau 2 de la station

Le GRAFCET de la station que nous avons élaboré est donné dans la figure II.12.

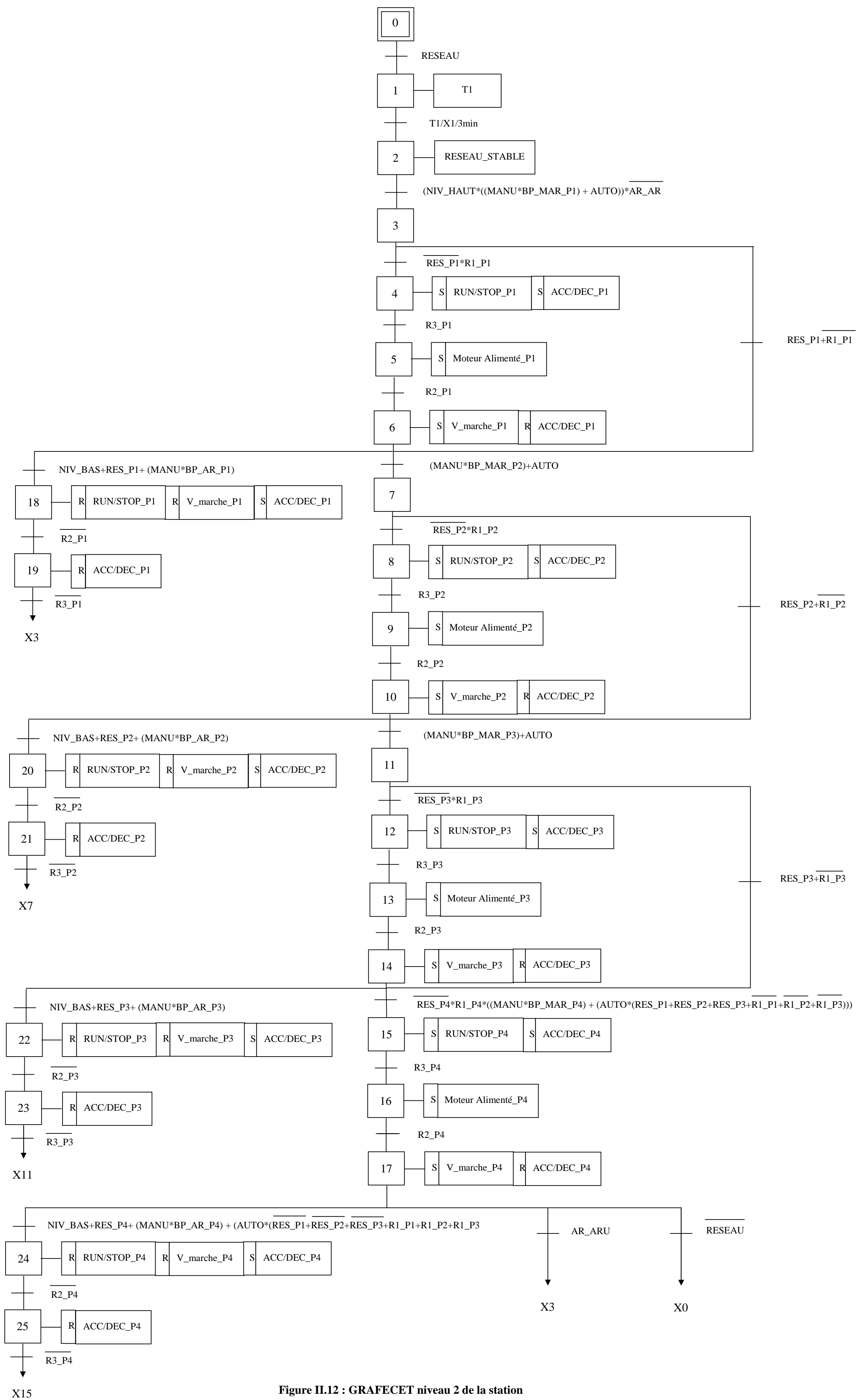


Figure II.12 : GRAFECET niveau 2 de la station

II.5 Conclusion

Au terme de ce chapitre nous concluons que le GRAFCET est un outil de modélisation qui permet facilement le passage d'un cahier des charges fonctionnel à un langage d'implantation optionnel, il permet la description du comportement attendu de la partie commande d'un système automatisé, comme il permet aussi de créer un lien entre la partie commande et la partie opérative.

Ainsi, le GRAFCET nous a facilité considérablement le passage de la description à la modélisation et nous permettra au chapitre suivant de concevoir la solution en logique programmable sur le logiciel TwidoSuite.

Chapitre III

III.1 Introduction

Les automates programmables industriels (API) sont apparus à la fin des années soixante grâce à MODICON qui créa le premier automate programmable.

De ce fait, plusieurs constructeurs sont apparus sur le marché (SEIMENS, SCHNEIDER, MILLENIUM,... etc). Produisant différentes variétés d'automates qui utilisent des langages de programmation différents.

Aujourd'hui, l'API est le constituant le plus répandu pour réaliser des automatismes. On le trouve pratiquement dans tous les secteurs de l'industrie, car il répond à tous les besoins d'adaptation et de flexibilité pour un grand nombre d'opérations.

Dans ce chapitre, nous allons concevoir la solution programmable pour l'automatisation de la station de pompage avec l'automate TWIDO de SCHNEIDER programmé par le logiciel TwidoSuite.

III.2 Définition de l'automate programmable industriel

L'Automate Programmable Industriel (API) ou programmable logique est un appareil électronique programmable, et un système de traitement logique d'informations dont le programme de fonctionnement est effectué à partir d'instructions établies en fonction de processus à réaliser.

Il est défini, suivant la norme française EN-61131-1, adapté à l'environnement industriel, qui réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de pré-actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logiques, analogiques ou numériques [2].

III.3 Structure interne d'un automate programmable industriel

La structure matérielle interne d'un API est donnée par la Figure III.1

III.3.1 Module d'alimentation

Il assure la distribution d'énergie aux différents modules.

III.3.2 Unité centrale

A base de microprocesseur, elle réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation ...).

III.3.3 Le bus interne

Il permet la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions.

III.3.4 Mémoires: elles permettent de stocker le système d'exploitation (ROM ou PROM), le programme (EEPROM) et les données du système lors du fonctionnement (RAM).

III.3.5 Interfaces d'entrées/sorties

III.3.5.1 Interface d'entrée

Elle permet de recevoir les informations du S.A.P (système automatisé de production). Ou du pupitre et de mettre en forme (filtrage, ...) ce signal tout en l'isolant électriquement.

III.3.5.2 Interface de sortie

Elle permet de commander les divers pré-actionneurs et éléments de signalisation du S.A.P (système automatisé de production). Tout en assurant l'isolement électrique.

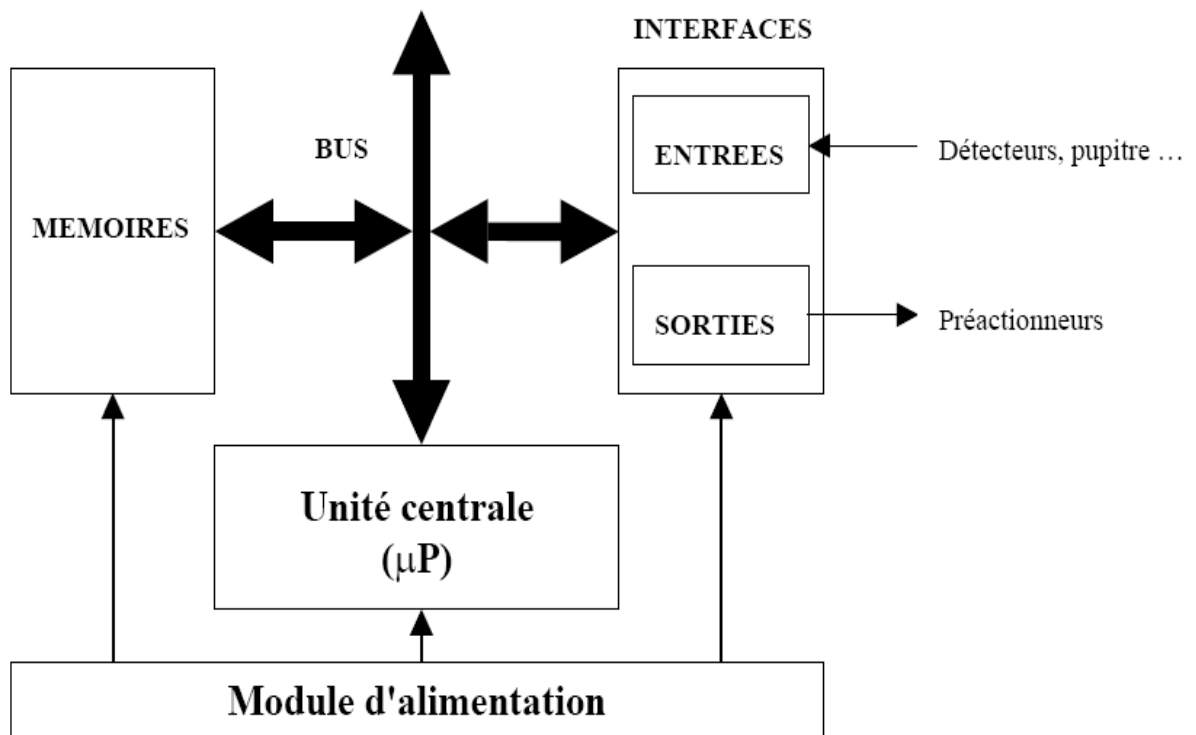


Figure III.1 : Structure interne d'un automate programmable industriel

III.4 Choix d'un automate :

Le choix d'un API revient à considérer des critères importants, tels que :

- La capacité de traitement de processeur.
- Le nombre et la nature des entrées- sorties (numériques, analogiques).
- Les moyens de sauvegarde du programme.
- La fiabilité et la robustesse.
- La disponibilité de produit sur le marché et le coût.

III.5 Type d'automate utilisé dans la station

L'automate utilisé dans la station de pompage **TISSEMSILT** est de la firme SCHNEIDER de la gamme Twido. Il existe sous deux formes: compacte et modulable. Pour la conception de la solution de conduite, nous avons opté pour l'automate Twido compact TWDLCE40DRF avec un module d'entrée d'expansion TWDDDI8DT (Figure III.2) qui dispose de plusieurs fonctionnalités :

- Alimentation 24 V DC.
- 24 entrées TOR, et de 14 sorties relais, 2 sorties transistor.
- Cartouches mémoires: Il existe deux cartouches mémoire facultatives, le modèle 32 Ko (TWDXCPMFK32) et le modèle 64 Ko (TWDXCPMFK64).
- Un cartouche horodateur (RTC) intégrée.
- Un module d'affichage et Simulateur.
- Il accepte 15 modules d'E/S.
- Il dispose de compartiment pour la pile externe à remplacer par l'utilisateur.



Figure III.2 : Automate Twido avec module d'expansion E/S

III.6 Fonctionnement de l'automate

L'automate Twido est équipé des informations sur les affectations d'E/S et les fonctionnalités pour l'entrée RUN/STOP, la sortie "état de l'automate", l'entrée à mémorisation, les compteurs (FC et VFC), les sorties PLS et PWM [7].

III.6.1 Entrée RUN/STOP

L'entrée RUN/STOP est une fonction spéciale qui pouvant être affectée à toute entrée de la base automate. Cette fonction permet de démarrer ou d'arrêter un programme.

Au démarrage, si cette fonction est configurée, l'état de l'automate est défini par l'entrée RUN/STOP :

- Si l'entrée RUN/STOP est à l'état 0, l'automate est en mode STOP.
- Si l'entrée RUN/STOP est à l'état 1, l'automate est en mode RUN.

III.6.2 Sortie état de l'automate

La sortie état de l'automate est une fonction spéciale qui peut être affectée à l'une des trois sorties (%Q0.0 à % Q0.3) d'une base automate ou d'un automate distant.

Au démarrage, si aucune erreur automate n'est détectée, la sortie d'état de l'automate passe à l'état RUN. Cette fonction peut, par exemple, être utilisée dans des circuits de sécurité externes à l'automate pour contrôler :

- L'alimentation des périphériques de sortie.
- L'alimentation de l'automate.

III.6.3 Entrée à mémorisation d'état

Les entrées à mémorisation d'état sont une fonction spéciale qui peut être affectée à l'une des quatre entrées (%I0.2 à %I0.5) d'une base automate ou d'un automate distant. Cette fonction permet de mémoriser toutes les impulsions d'une durée inférieure au temps de scrutation de l'automate. Lorsqu'une impulsion est plus courte qu'une scrutation et que sa valeur est supérieure ou égale à 1 ms, l'automate mémorise l'impulsion qui est ensuite mise à jour à la scrutation suivante.

III.6.4 Comptage rapide (FC)

Les automates présentent deux types de compteurs rapides (FC) :

- Un compteur simple avec une fréquence maximale de 5 kHz.
- Un décompteur simple avec une fréquence maximale de 5 kHz.

Les fonctions compteur simple et décompteur simple permettent de compter ou de décompter les impulsions (fronts montants) d'une E/S TOR. Les fonctions compteur rapide (FC) permettent de compter des impulsions comprises entre 0 et 65 535 en mode mot simple et entre 0 et 4 294 967 295 en mode mot double.

III.6.5 Compteurs très rapides (VFC)

Les automates présentent cinq types de compteurs très rapides (VFC) :

- Un compteur/décompteur avec une fréquence maximale de 20 kHz.
- Un compteur/décompteur biphasés avec une fréquence maximale de 20 kHz.
- Un compteur simple avec une fréquence maximale de 20 kHz.
- Un décompteur simple avec une fréquence maximale de 20 kHz.
- Un fréquencemètre avec une fréquence maximale de 20 kHz.

Les fonctions du compteur/décompteur, compteur/décompteur biphasés, compteur simple et décompteur simple valident le comptage des impulsions de 0 à 65 535 en mode mot simple et entre 0 et 4 294 967 295 en mode mot double. La fonction du fréquencemètre permet de mesurer la fréquence d'un signal périodique en Hz.

III.6.6 Sortie générateur d'impulsions (PLS)

Le PLS est une fonction spéciale qui peut être affectée à l'une des sorties (%Q0.0 ou %Q0.1) d'une base automate ou d'un automate d'extension. Ce bloc fonction défini par l'utilisateur génère un signal à la sortie %Q0.0 ou %Q0.1. La période de ce signal est variable, mais présente un cycle de service constant ou une proportion de temps improductif équivalente à 50 % de la période.

III.7 Logiciel TwidoSuite

TwidoSuite est un environnement de développement graphique permettant de créer, configurer et gérer des applications d'automatisation pour les automates programmables Twido de Schneider Electric. TwidoSuite vous permet de créer des programmes avec différents types de langage, puis de transférer l'application en vue de son exécution sur un automate [7].

III.8 Langages Twido

La création d'un programme d'un automate Twido consiste à écrire une série d'instructions rédigées dans l'un des langages de programmation Twido.

III.8.1 Langage liste d'instructions:

Un programme écrit en langage liste d'instructions est constitué d'une série d'instructions exécutées en séquence par l'automate. Chaque instruction est représentée par une seule ligne de code et se compose de trois éléments :

- Numéro de ligne
- Code d'instruction
- Opérande

Numéro de ligne	Code d'instruction	Opérande
0	LD	%I0.0
1	OR	%I0.1
2	ST	%Q0.0

Figure III.3 : Exemple de programme liste d'instructions

III.8.2 Schéma à contacts (LD : Ladder Diagram)

Les schémas à contacts utilisent la même représentation graphique que celle des circuits de relais en logique programmée. Dans un schéma à contacts :

- Toutes les entrées sont représentées par des symboles de contacts (—|—|).
- Toutes les sorties sont représentées par des symboles de bobines (—()—).
- Les opérations numériques sont comprises dans le jeu d'instructions graphiques du schéma à contacts.



Figure III.4 : Schéma à contacts

III.9 Présentation et lancement du logiciel TwidoSuite

Pour lancer le logiciel, double cliquer sur l'icône:



La fenêtre du logiciel TwidoSuite s'ouvre. On en distingue trois modes de fonctionnement:

- Mode « Programmation ».
- Mode « Surveillance ».
- Mise à jour automates.

Pour accéder à l'interface de programmation de l'automate on choisit le mode «Programmation ».



Figure III.5 : Fenêtre de logiciel TwidoSuite

La fenêtre suivante apparaît, elle permet d'ouvrir un projet existant ou d'en créer un nouveau.



Figure III.6 : Fenêtre d'ouverture d'un projet existant ou d'en créer un nouveau

III.10 Description de la fenêtre de type d'automate

Cette fenêtre décrit le type d'automate Twido utilisé et les différents modules d'entrées et les sorties sélectionnées. Dans notre cas, le type d'automate utilisé est l'automate Twido compact TWDLCDE40DRF avec un module d'entrée d'expansion TWDDDI8DT.

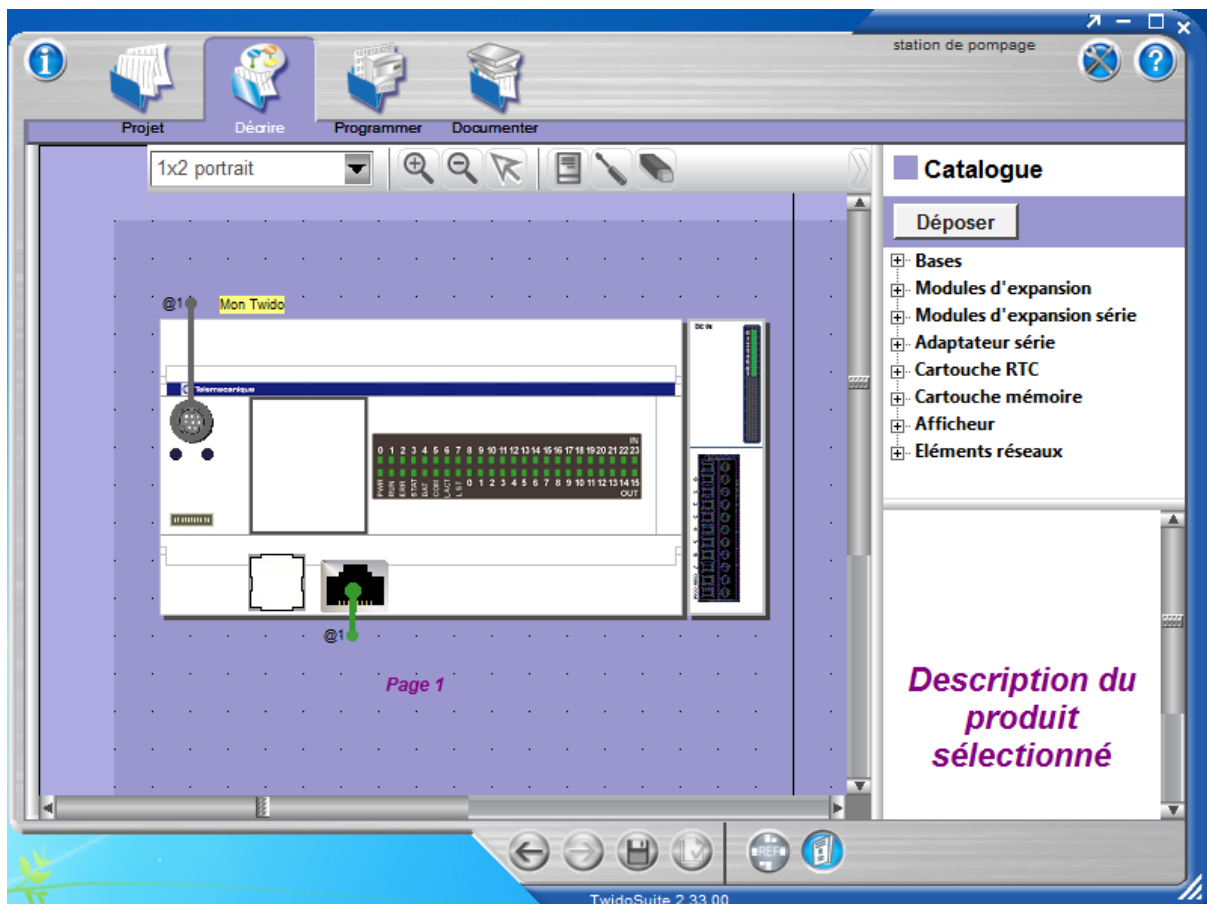


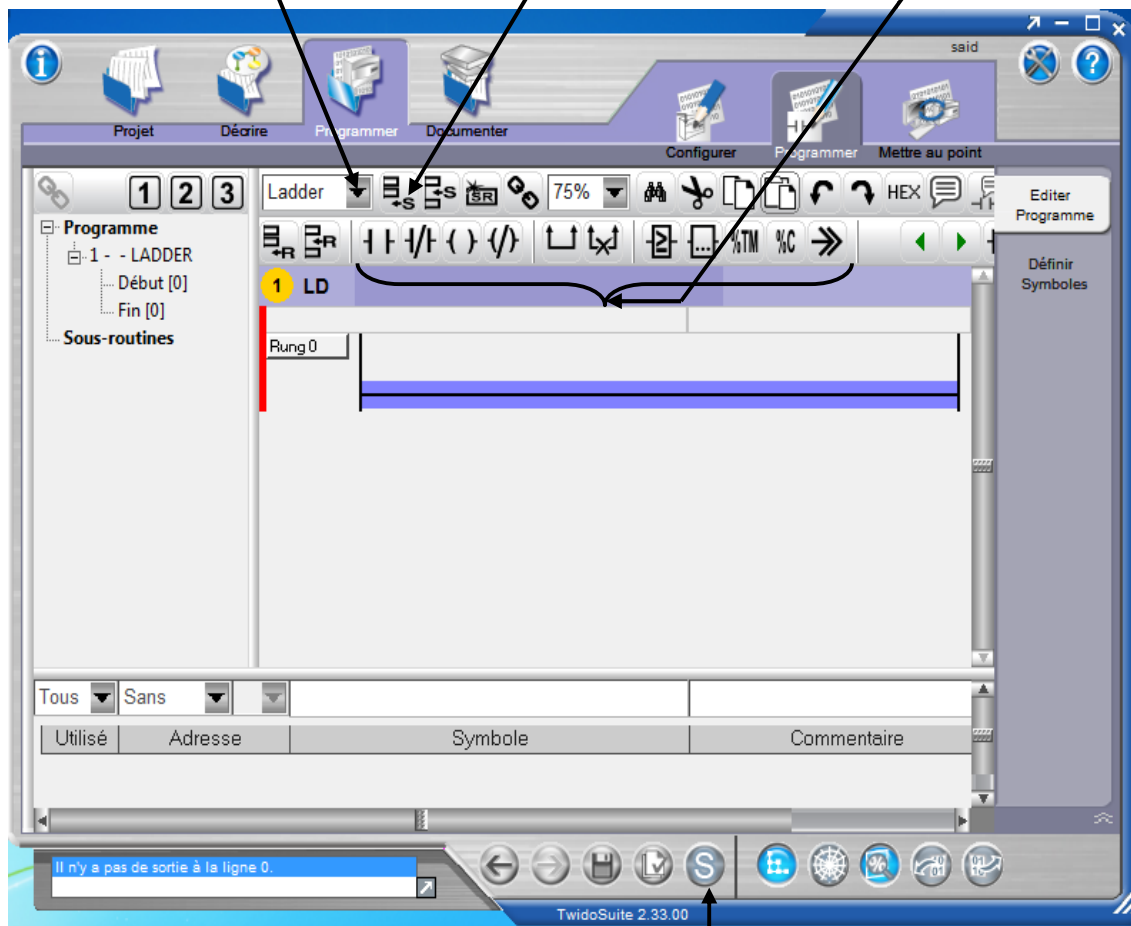
Figure III.7 : Description du type d'automate sur TwidoSuite

III.11 Description de l'interface de programmation

Langages de programmation

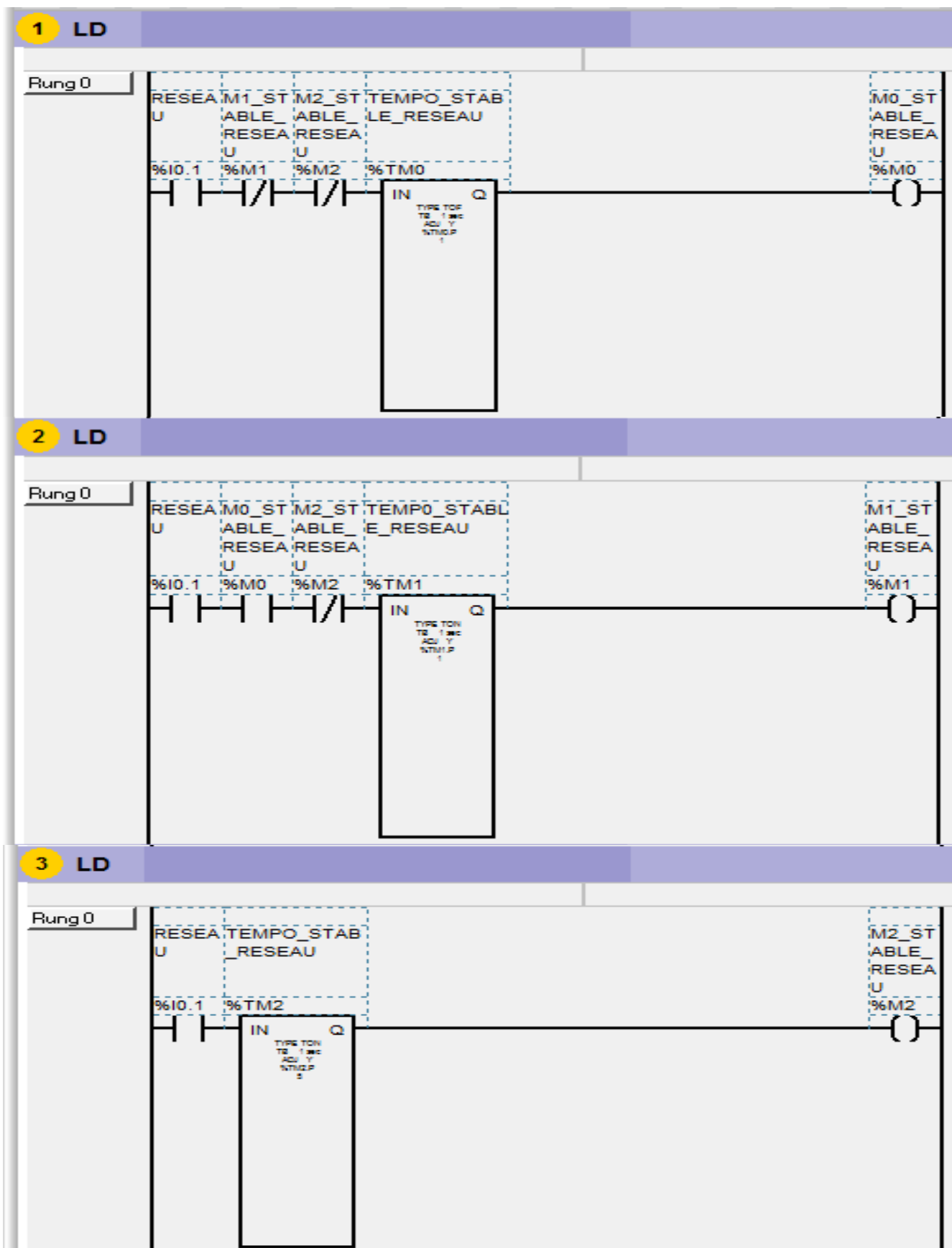
Ajouter une section

Eléments de programmation

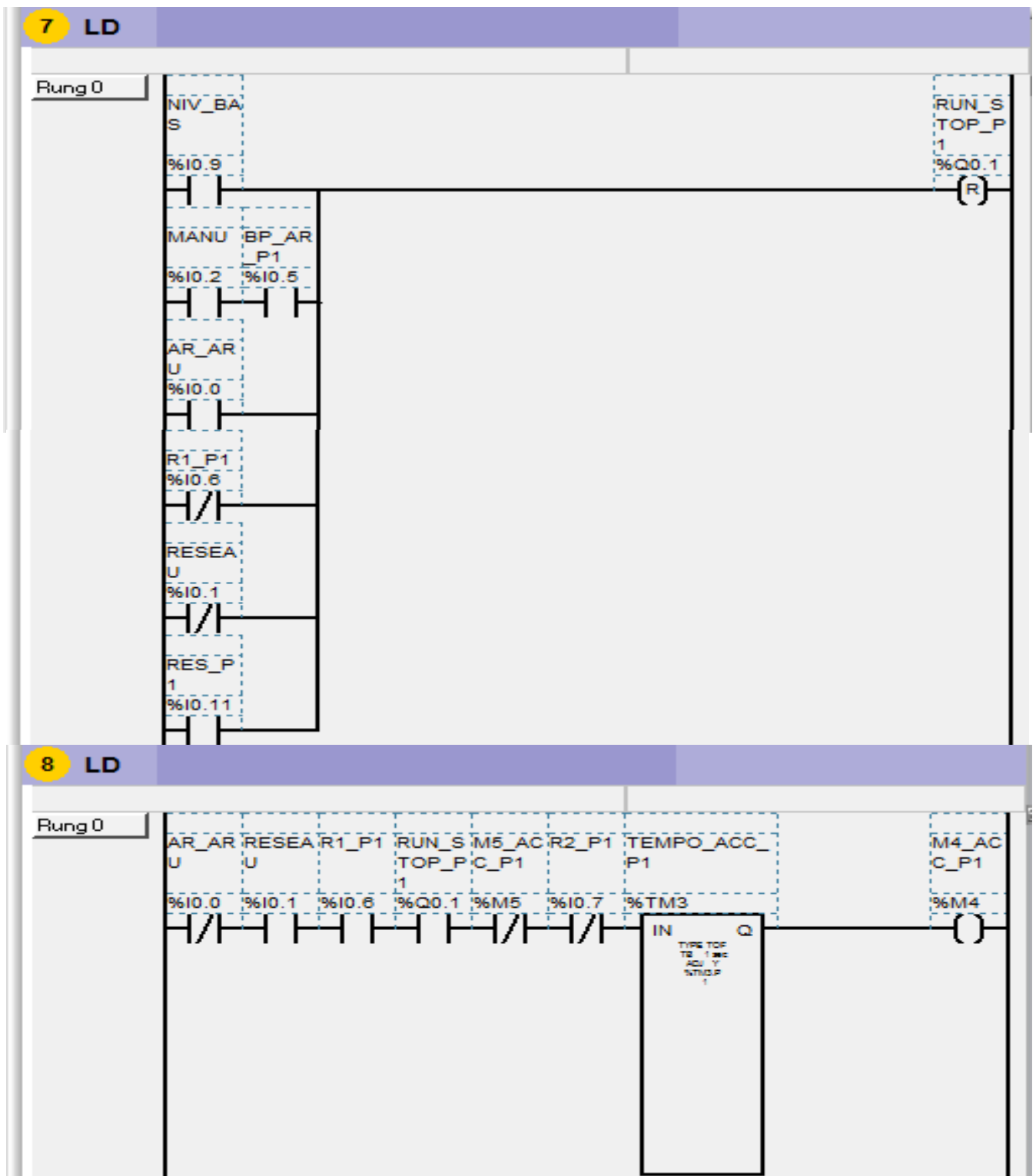


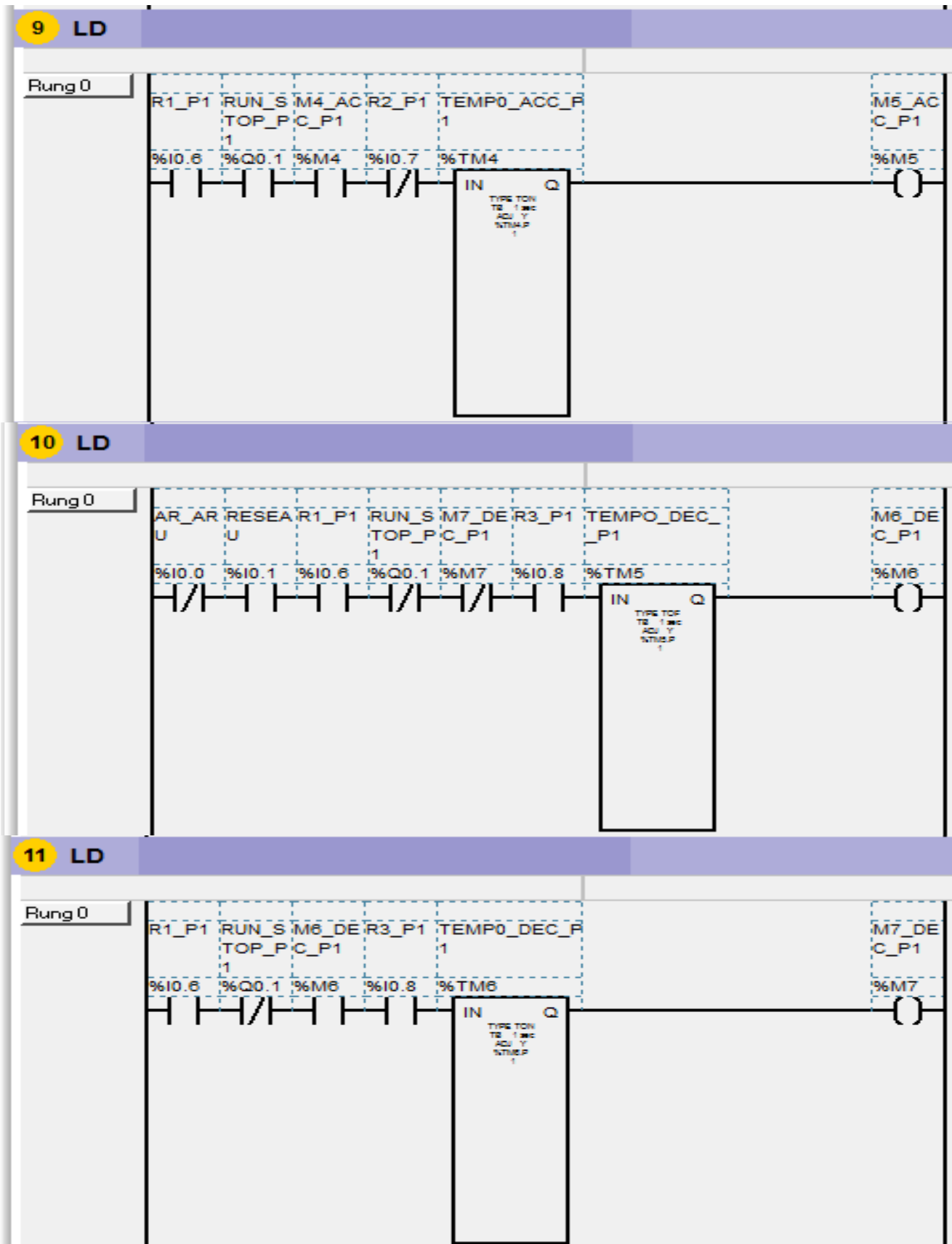
Simulation du programme

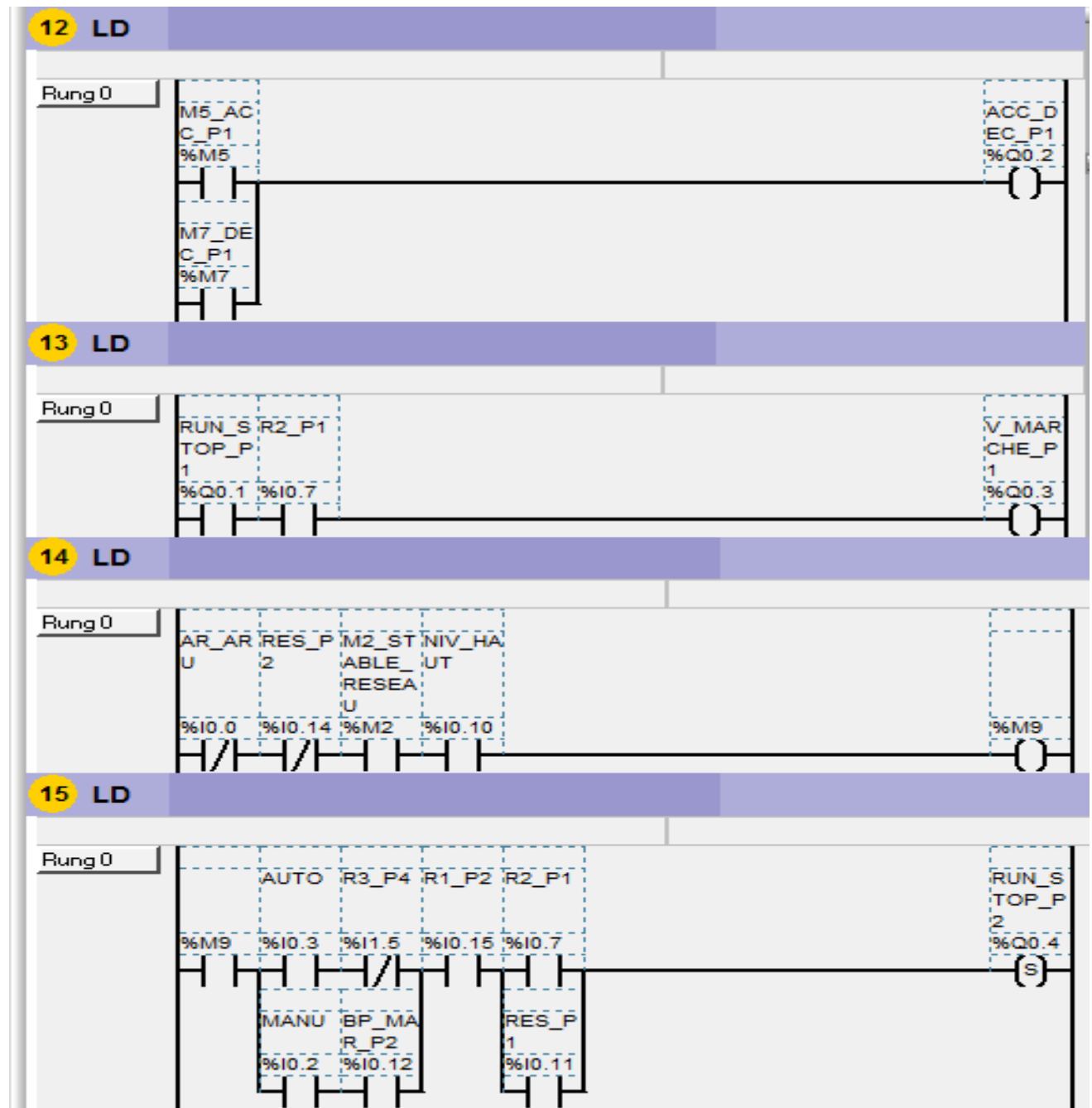
III.12 Programme de notre station

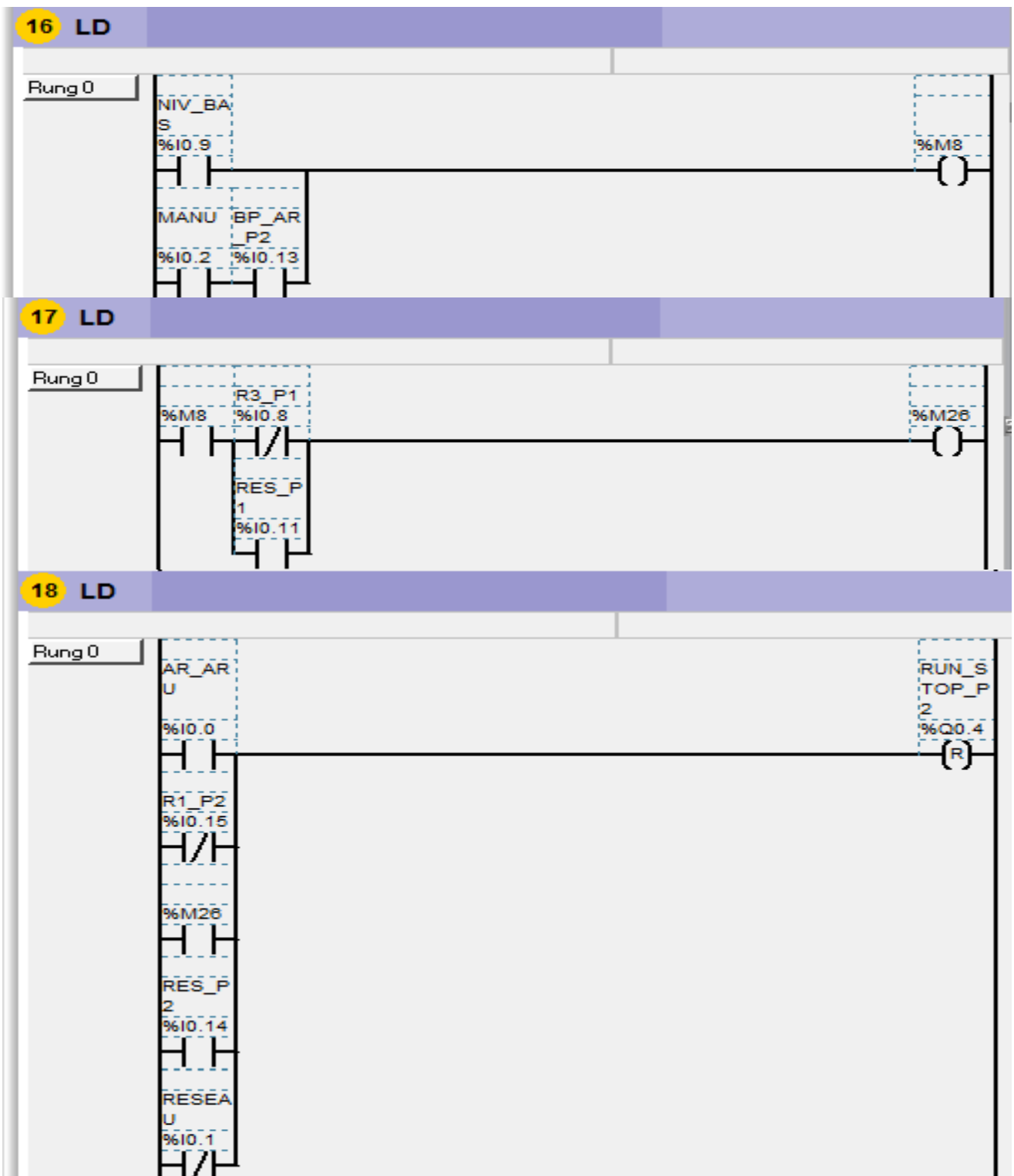




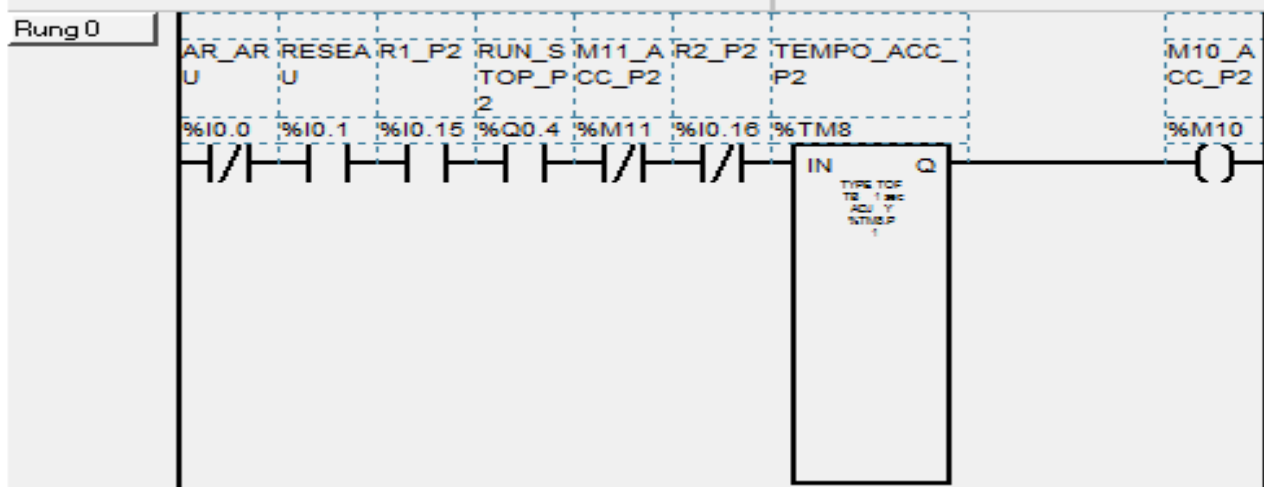




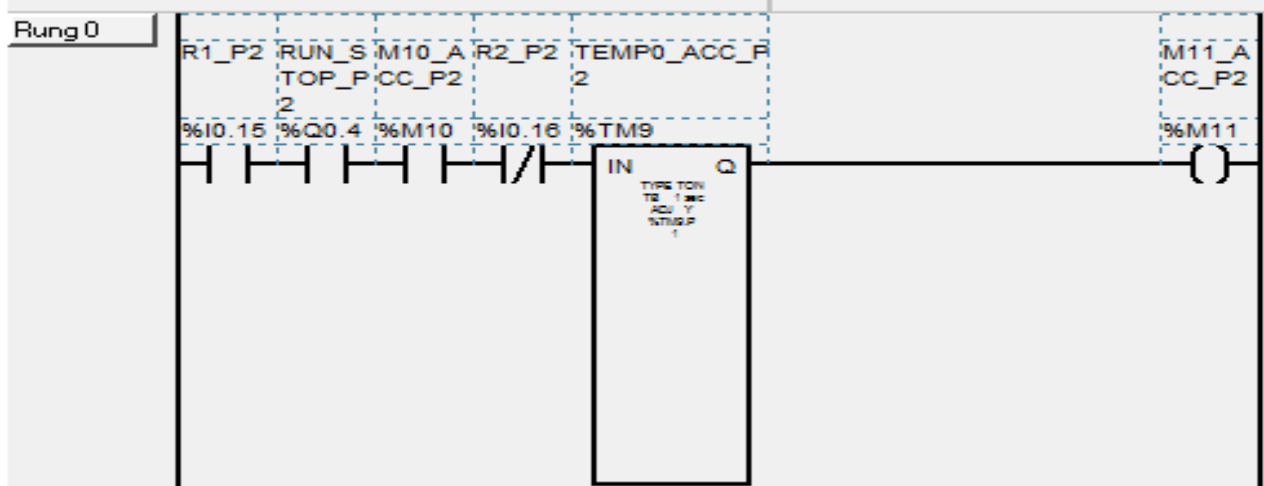




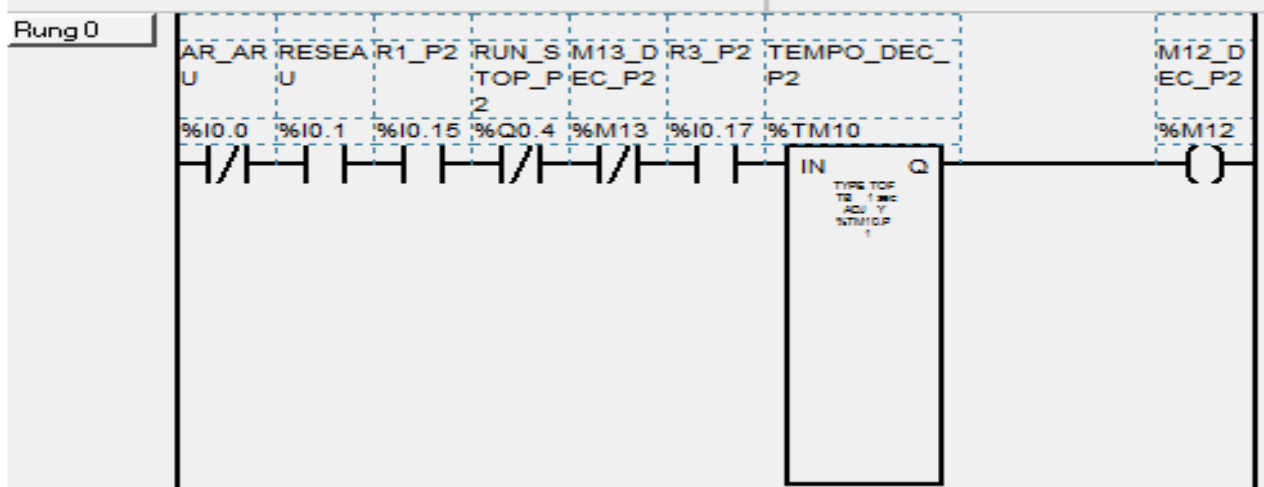
19 LD

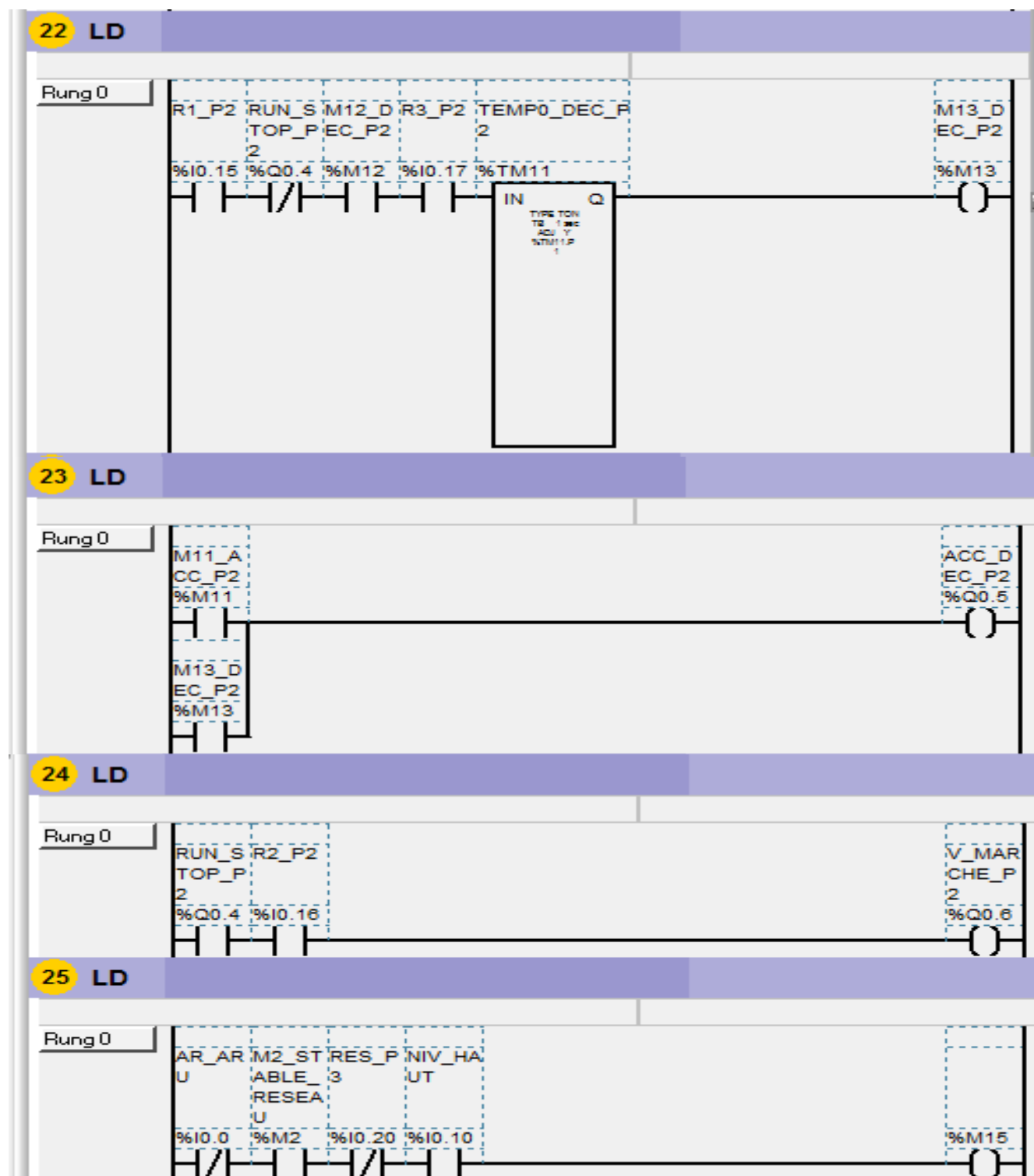


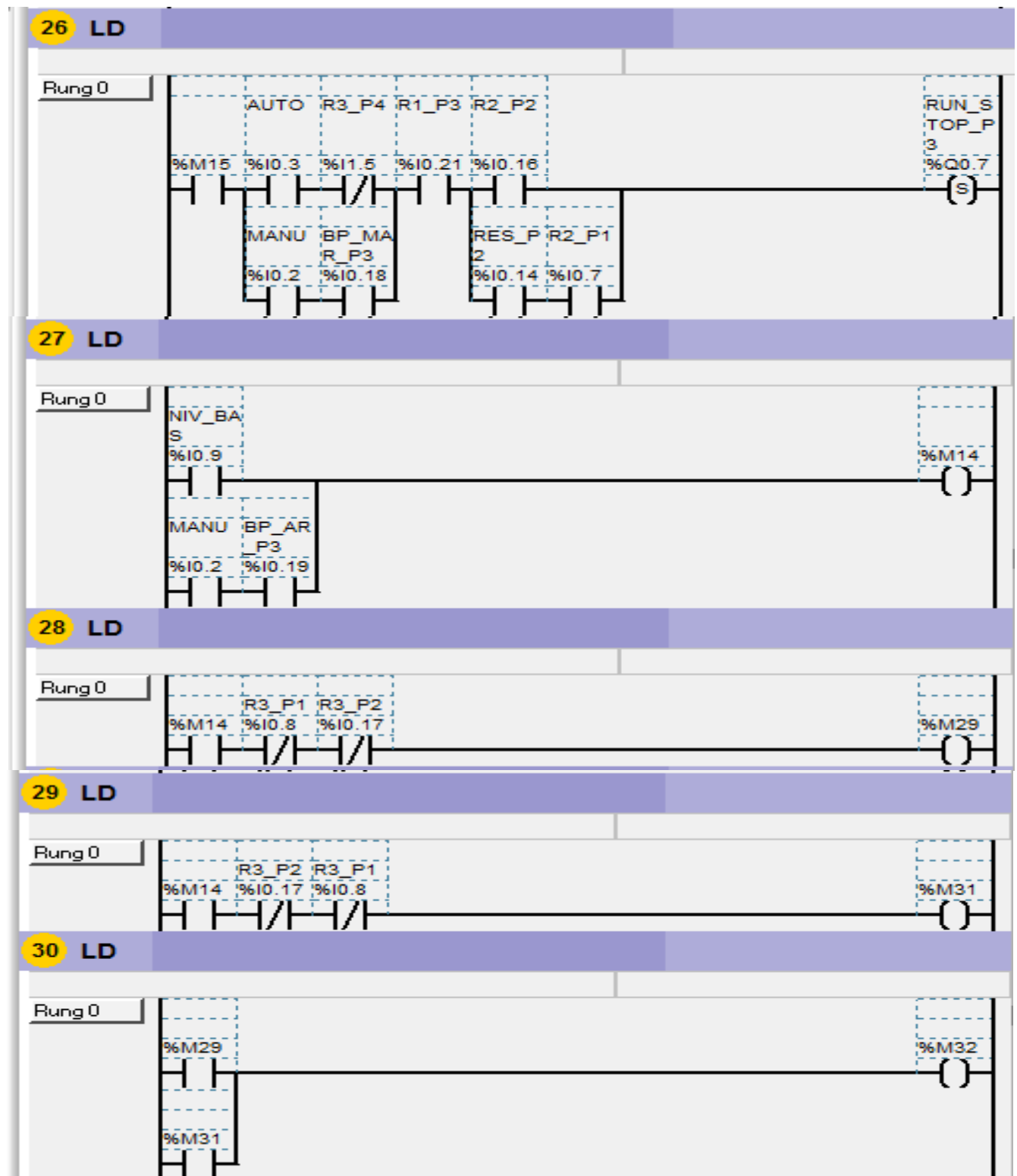
20 LD

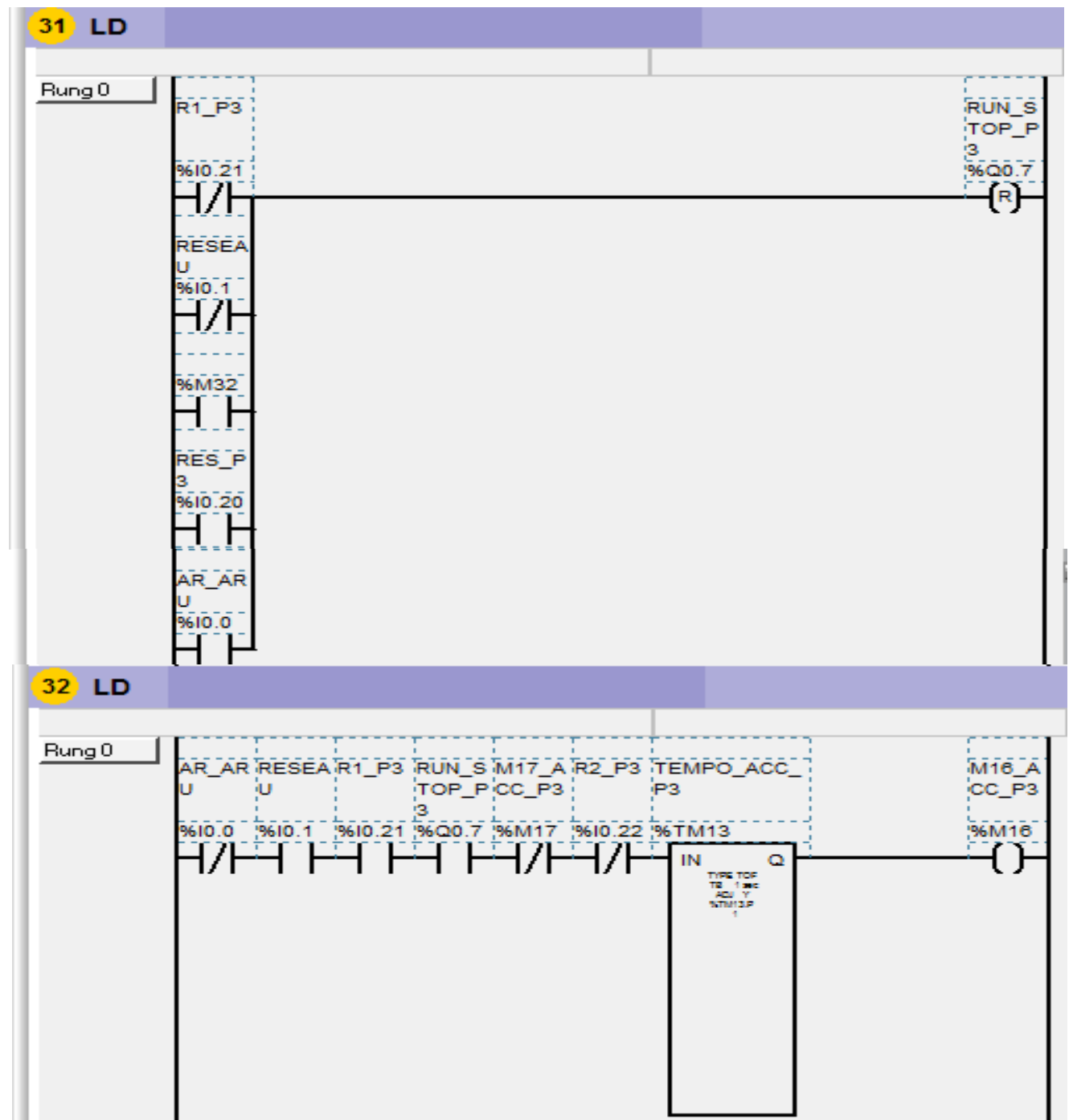


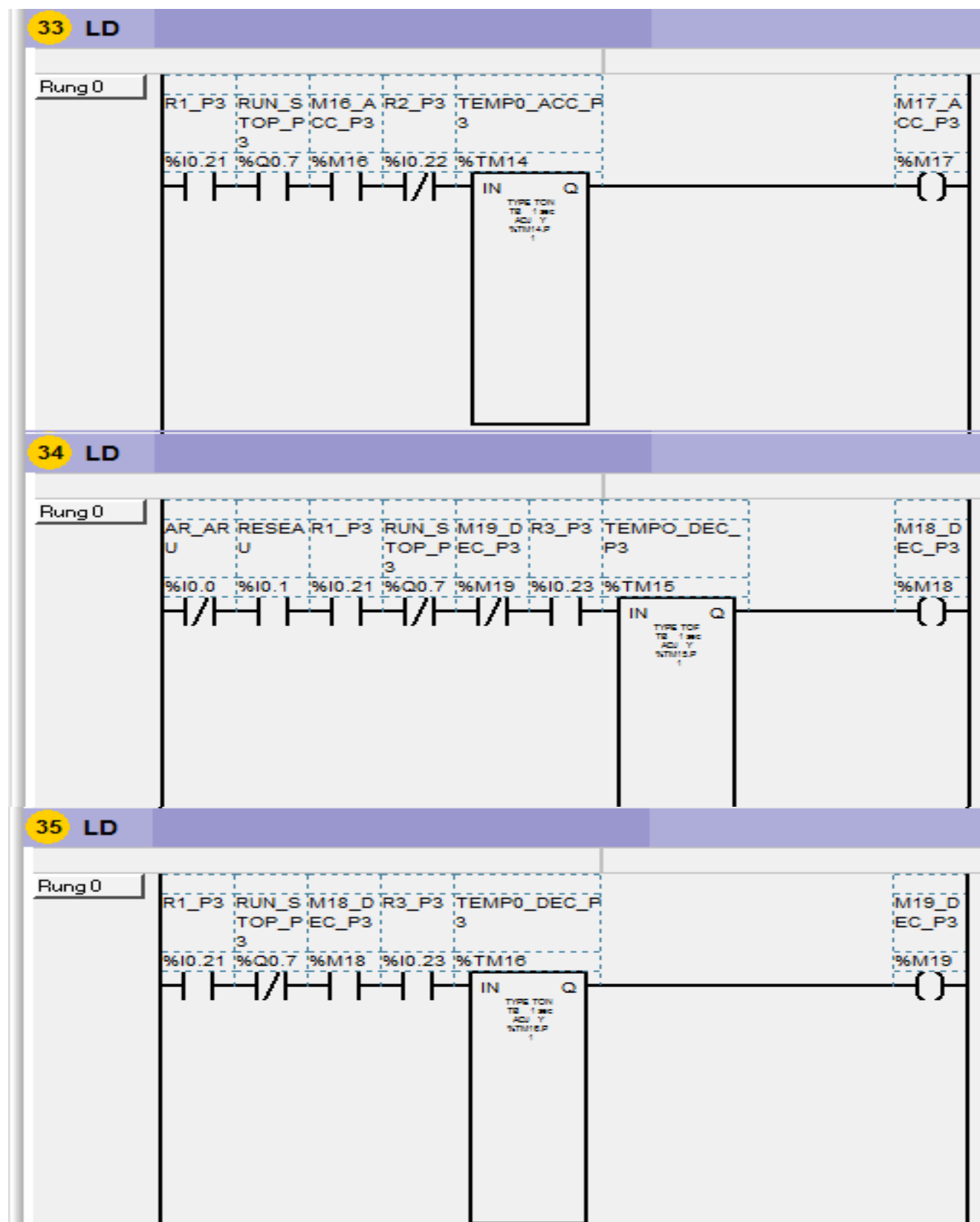
21 LD

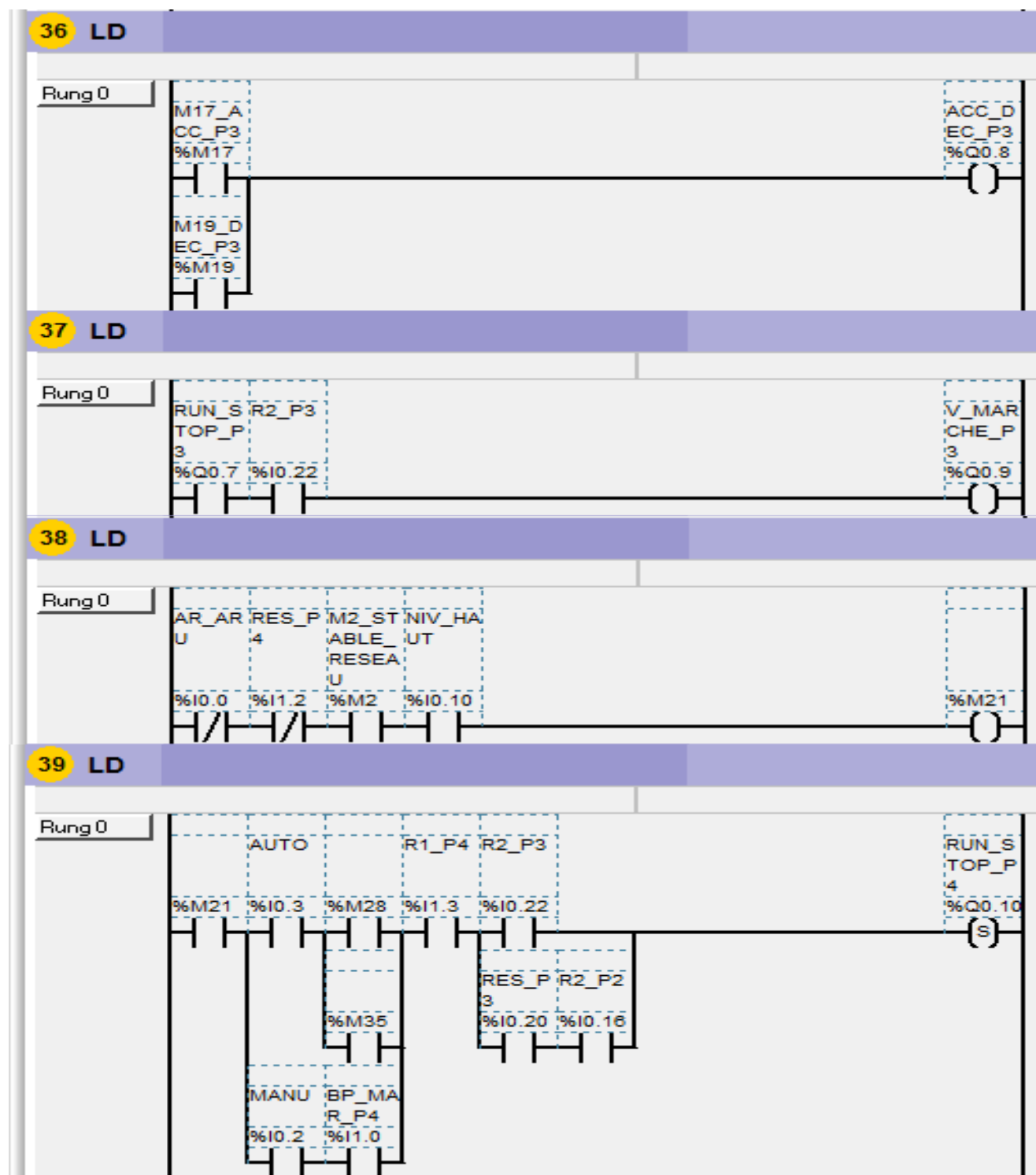


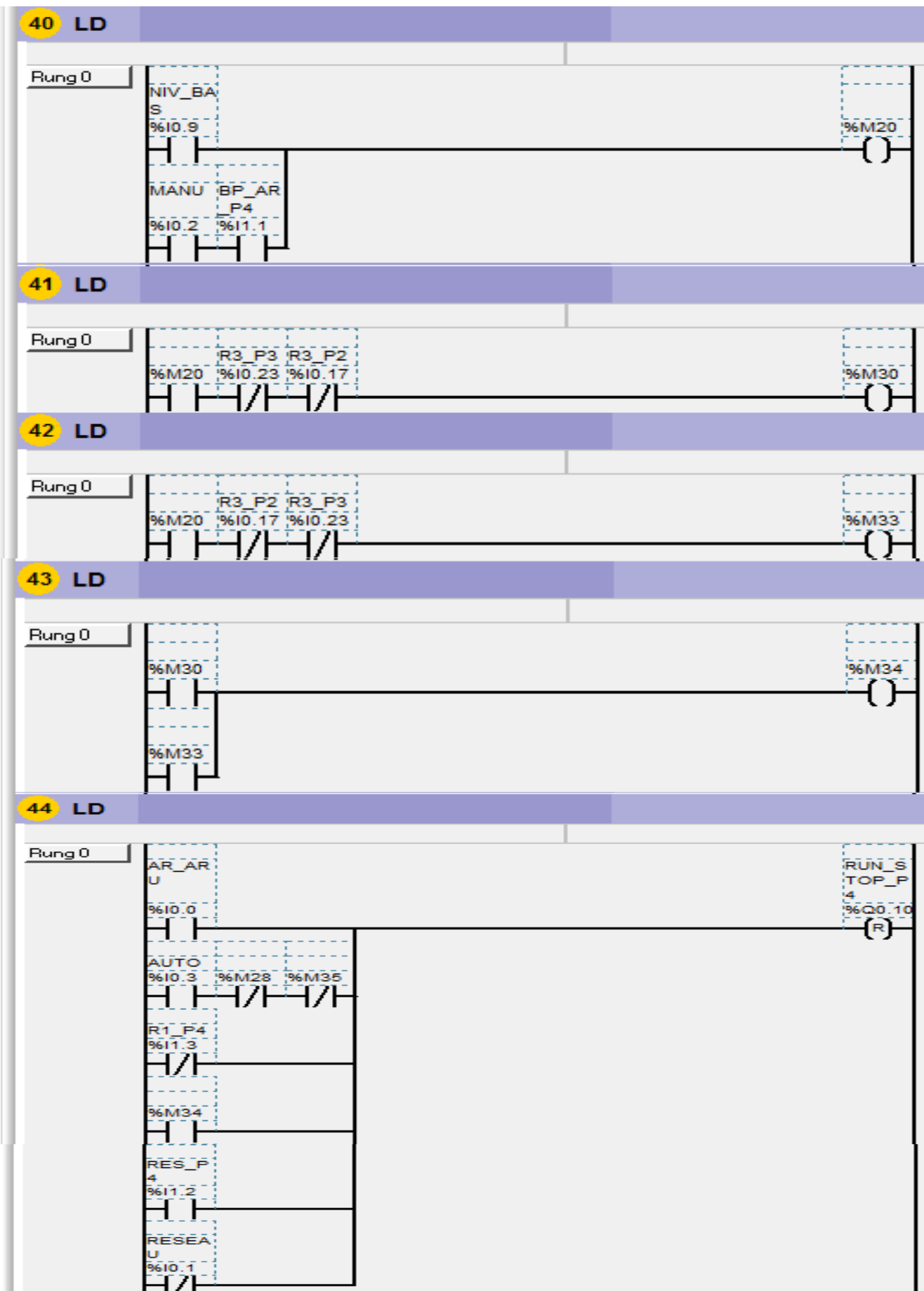


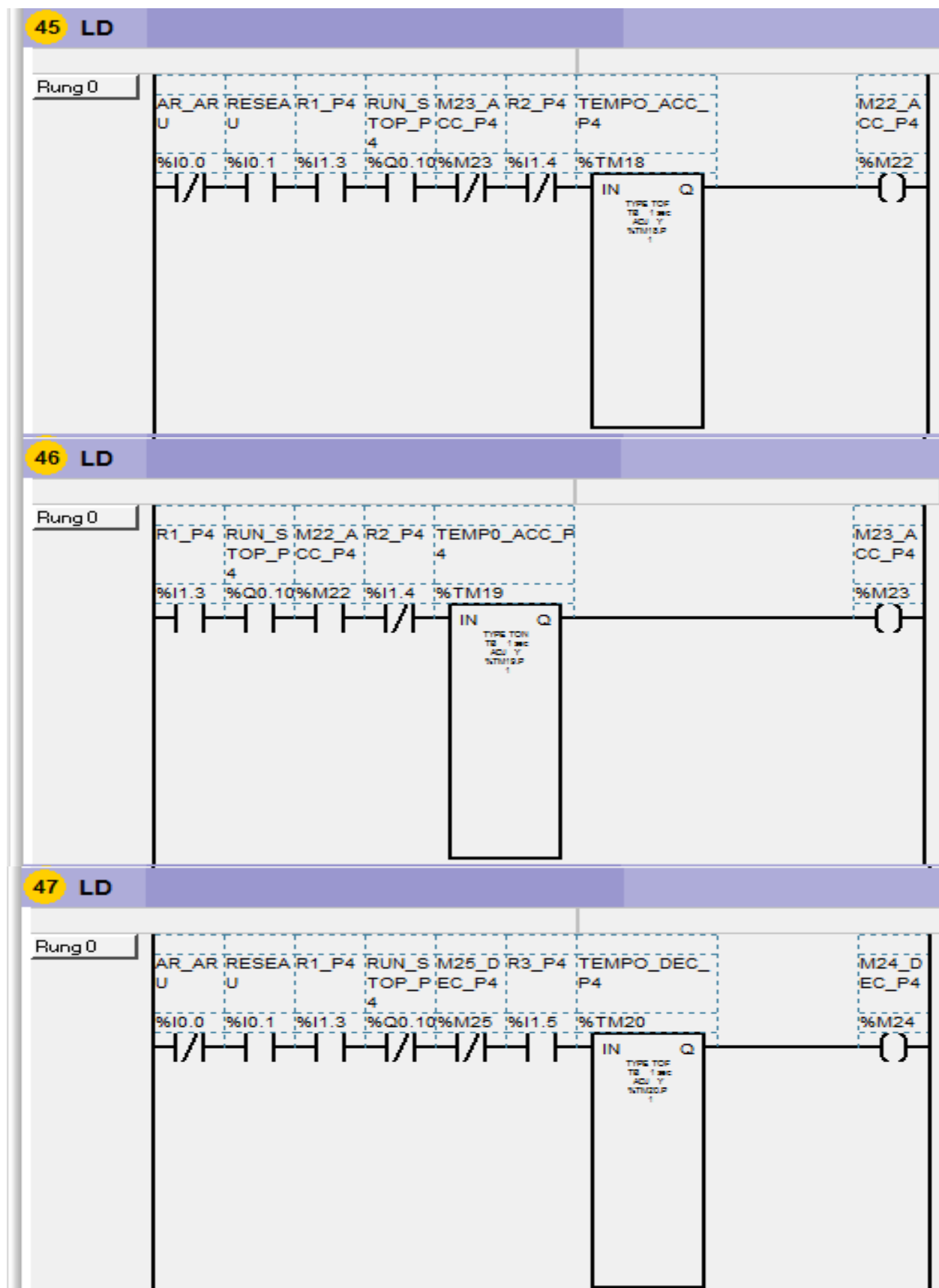




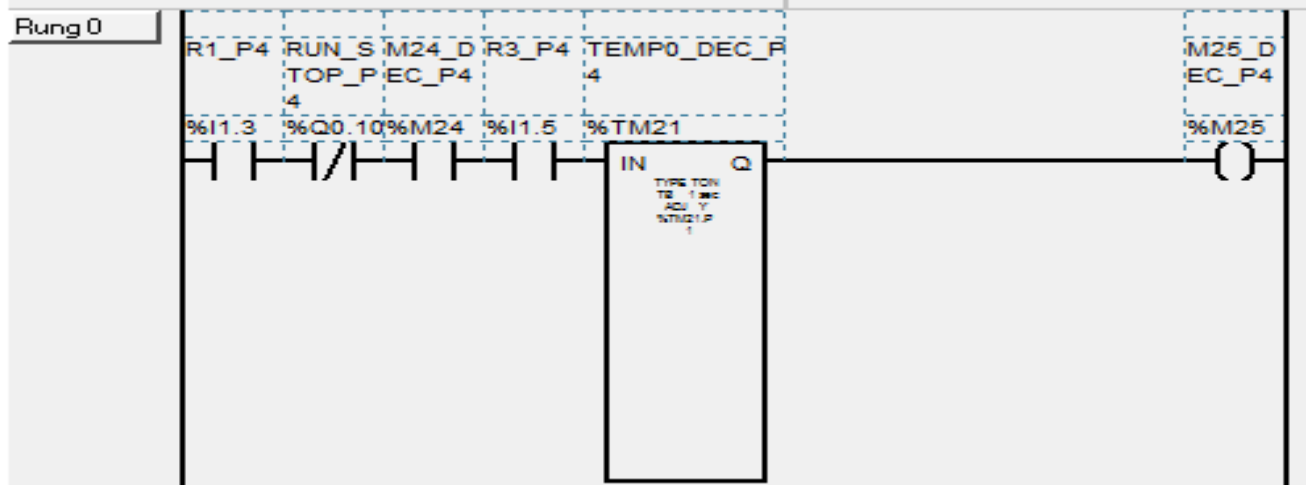




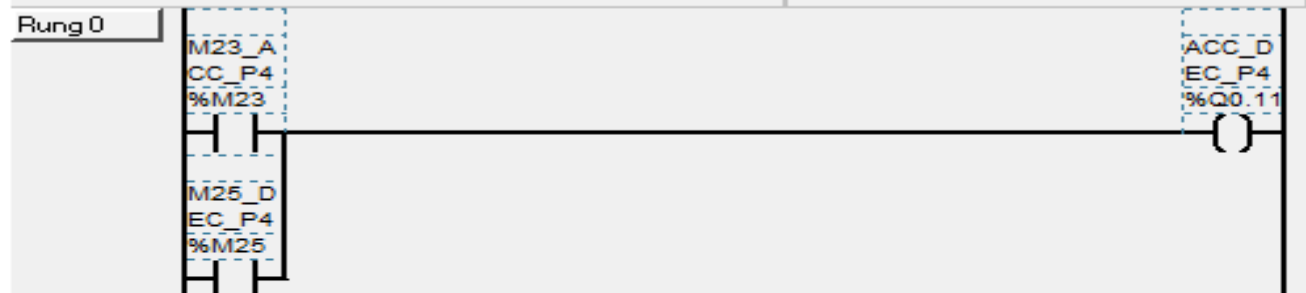




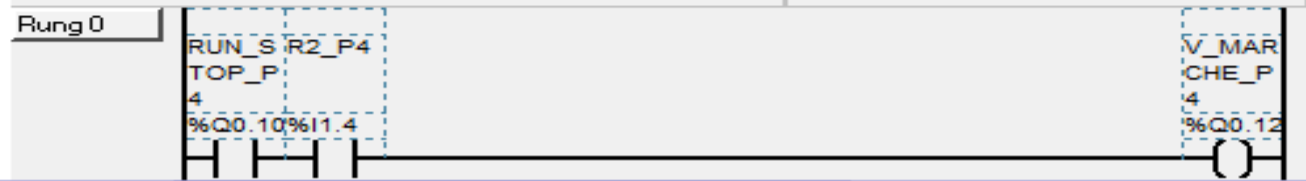
48 LD



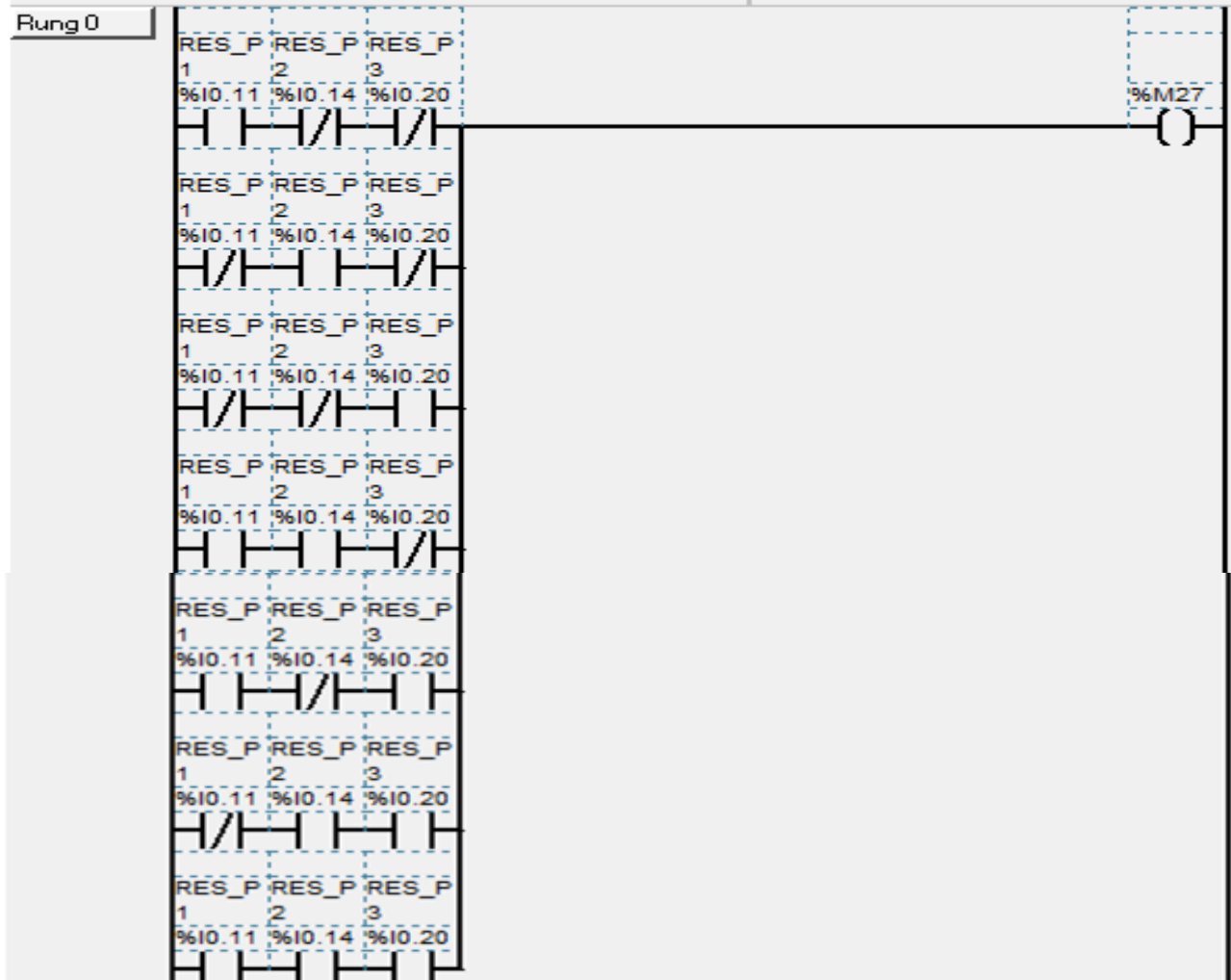
49 LD



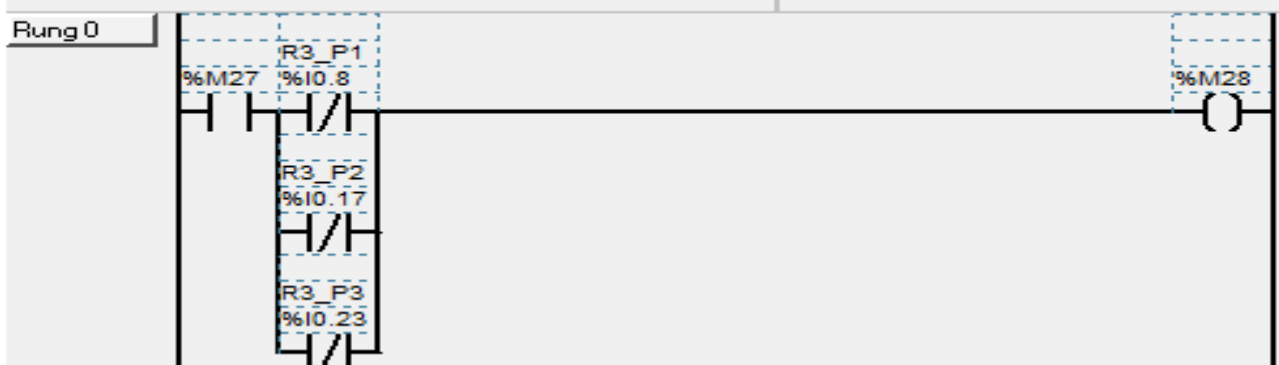
50 LD

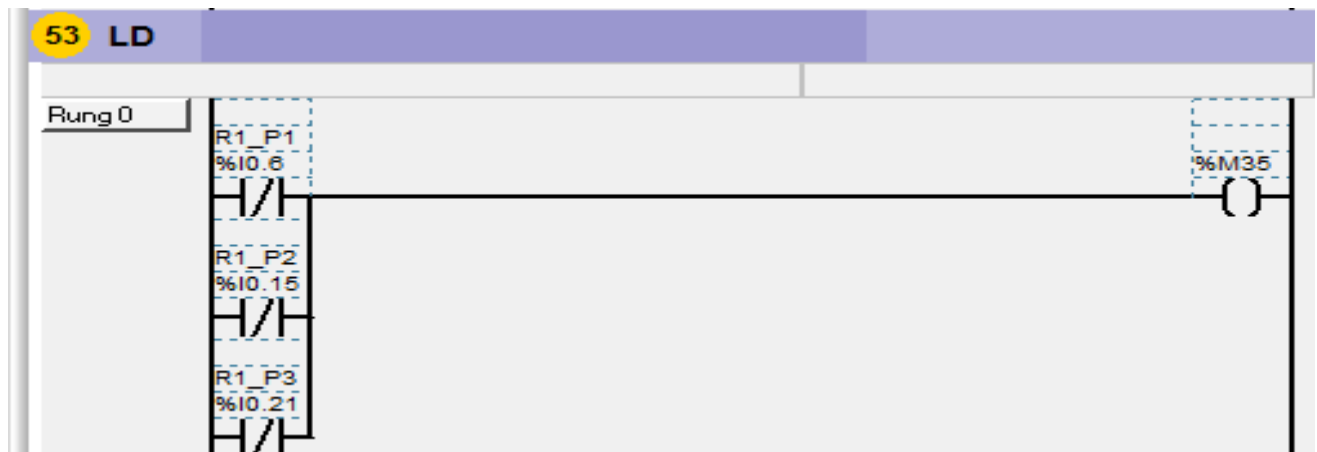


51 LD



52 LD





III.13 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre l'automate et son langage de programmation utilisés pour la conception de la solution programmable. Cette dernière sera implémentée dans l'automate. Dans le chapitre suivant, un système de supervision sera élaboré.

Chapitre IV

IV.1 Introduction

Les outils de supervision dans les milieux industriels sont nécessaires. L'opérateur a besoin d'un maximum de la vision à distance des organes physiques (capteurs et actionneurs). Cette vision s'obtient au moyen de l'interface Homme-Machine (IHM). Notre objectif dans ce chapitre est de réaliser une plate forme de supervision.

IV.2 Définition de la supervision

La supervision est une forme évoluée de dialogue Homme/Machine. Elle présente beaucoup d'avantages pour le processus industriel de production. Elle facilite à l'opérateur la surveillance de l'état de fonctionnement d'un procédé ainsi que son contrôle. Le logiciel de supervision permet d'intégrer et de visualiser en temps réel toutes les étapes nécessaires à la fabrication d'un produit et de détecter les problèmes qui peuvent survenir en cours de fonctionnement dans une installation industrielle [2].

Un logiciel de supervision fonctionne sur un ordinateur en communication avec l'automate via un réseau local industriel (PROFIBUS, ETHERNET, UNI-TELWAY, etc.).

Parmi les logiciels de supervision les plus utilisés dans l'industrie on trouve:

- Vijeo Citect.
- Wincc (Windows Control Centre).
- Vijeo Designer, etc.

Schneider Electric propose divers choix en termes de pupitre de supervision et de contrôle. Dans notre cas, la supervision de la station de pompage se fait avec le logiciel Vijeo Designer.

IV.3 Constitution d'un système de supervision

Un système de supervision est généralement composé d'un logiciel de supervision, auquel se rattachent des données provenant des équipements (automate). Ce logiciel de supervision assure l'affichage, le traitement et l'archivage des données, ainsi que la communication avec d'autres périphériques [2].

IV.3.1 Module de visualisation (affichage)

Il permet d'obtenir et de mettre à la disposition de l'opérateur toutes les informations nécessaires à l'évaluation du procédé.

IV.3.2 Module d'archivage

Il mémorise des données (alarme et événement) pendant une longue période, et permet l'exploitation des données pour des applications spécifiques à des fins de maintenance ou de gestion de production.

IV.3.3 Module de traitement

Il permet de mettre en forme les données, afin de les présenter, via le module de visualisation, aux opérateurs sous une forme prédéfinie.

IV.3.4 Module de communication

Le module de communication assure l'acquisition et le transfert des données et gère la communication avec les automates programmables industriels et autres périphériques.

IV.4 Présentation du logiciel Vijeo Designer

Le Vijeo Designer est un logiciel de création des projets IHM (Interface Homme Machine), développé par Schneider Electric.

Vijeo Designer est un logiciel de pointe permettant de réaliser des écrans opérateur et de configurer les paramètres opérationnels des périphériques d'Interface Homme Machine (IHM). Il fournit tous les outils nécessaires à la conception d'un projet IHM, de l'acquisition des données jusqu'à la création et à la visualisation de synoptiques animés [6].

IV.5 Structure du logiciel

Vijeo Designer est constitué de deux applications (Figure IV.1) :

- Vijeo Designer, le logiciel de développement d'écrans.
- Vijeo Designer Runtime, le logiciel d'exécution du projet.

IV.5.1 Vijeo Designer

L'éditeur Vijeo Designer est l'environnement dans lequel on peut développer l'application utilisateur IHM, avant de la transférer vers la machine cible [8].

IV.5.2 Vijeo Designer Runtime

Une fois l'application utilisateur IHM est créée dans l'éditeur Vijeo Designer, on peut la transférer vers la machine cible. C'est-à-dire le magelis (afficheur) où nous allons afficher et exécuter nos applications d'écran avec Vijeo Designer Runtime [8].

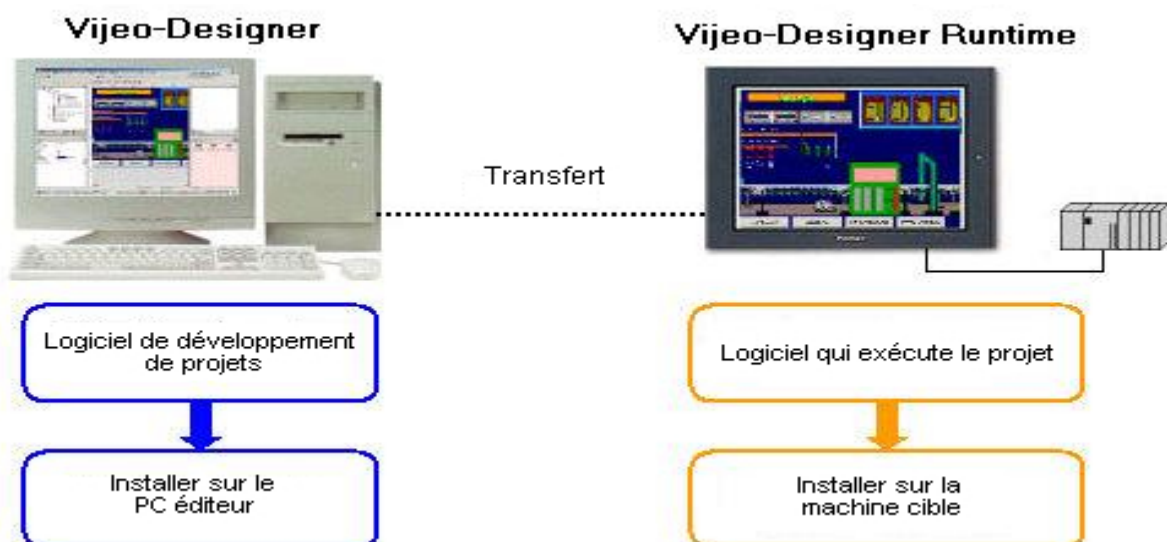
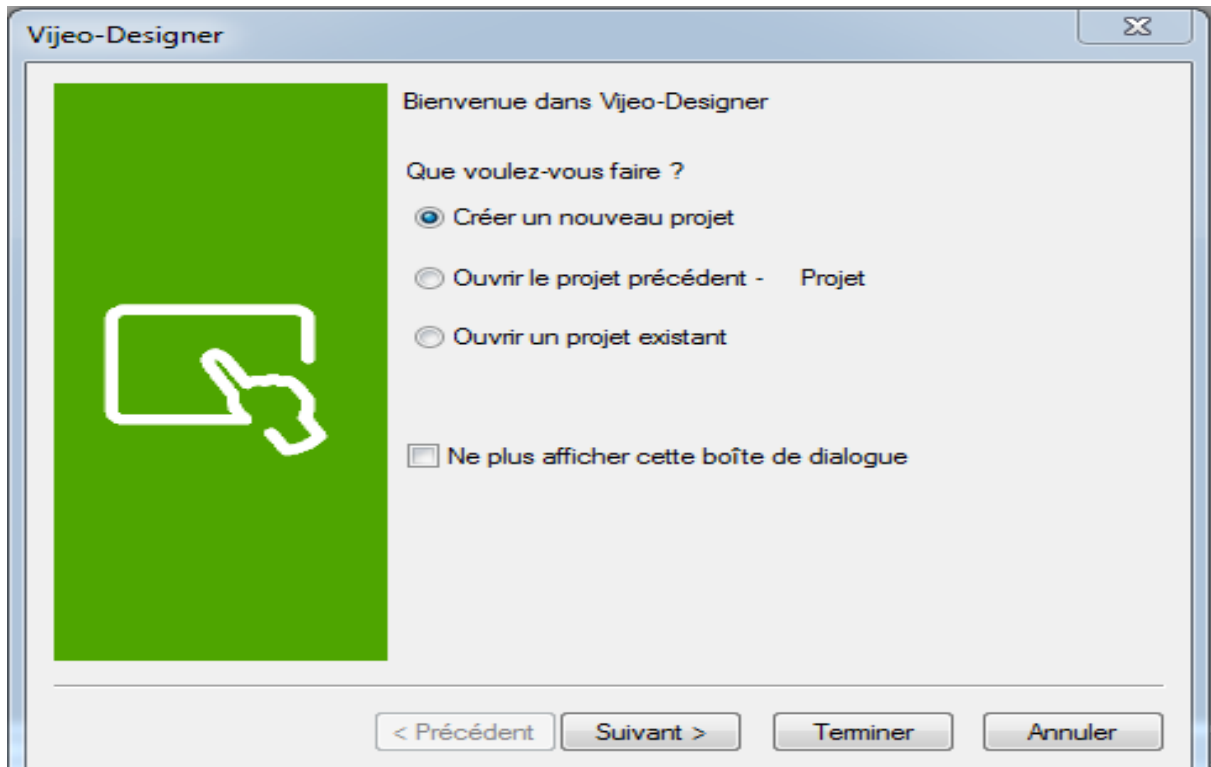


Figure IV.1 : Compatibilité entre Vijeo Designer et Vijeo Designer Runtime

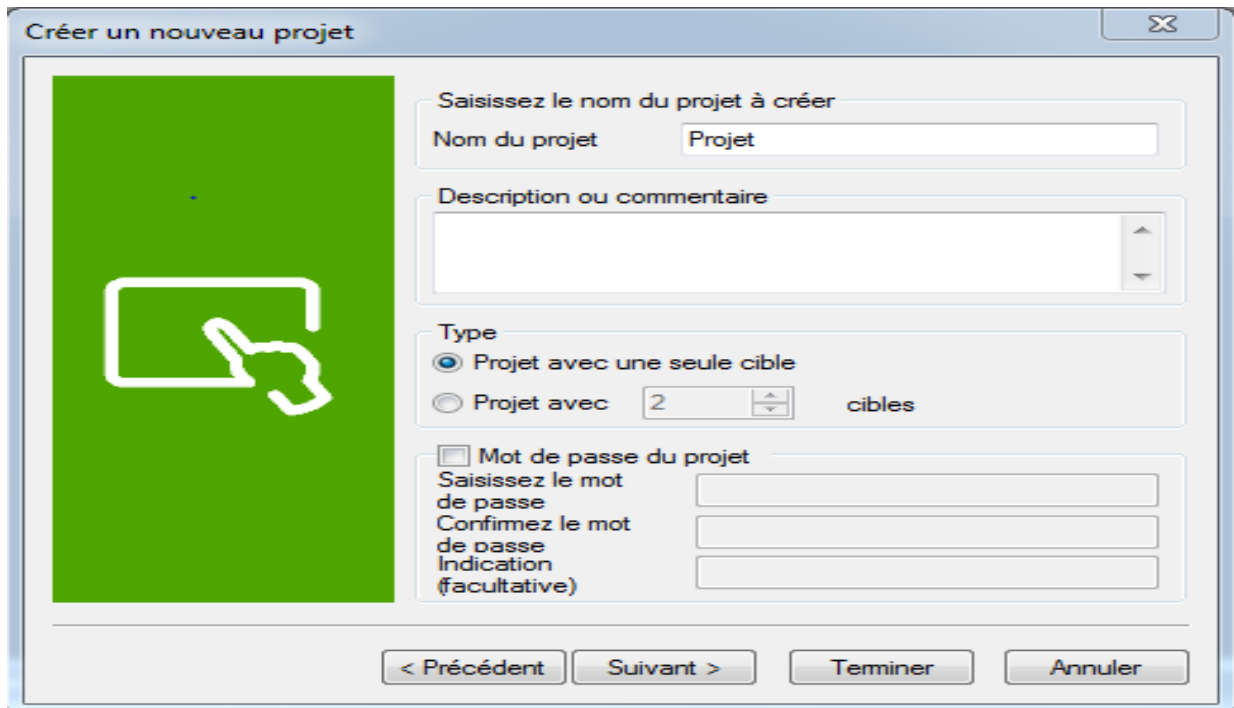
IV.6 Création d'un projet

Les étapes de création d'un projet par l'assistant Vijeo Designer sont les suivantes :

1. Pour créer un projet, sélectionnez « Créer un nouveau projet ».

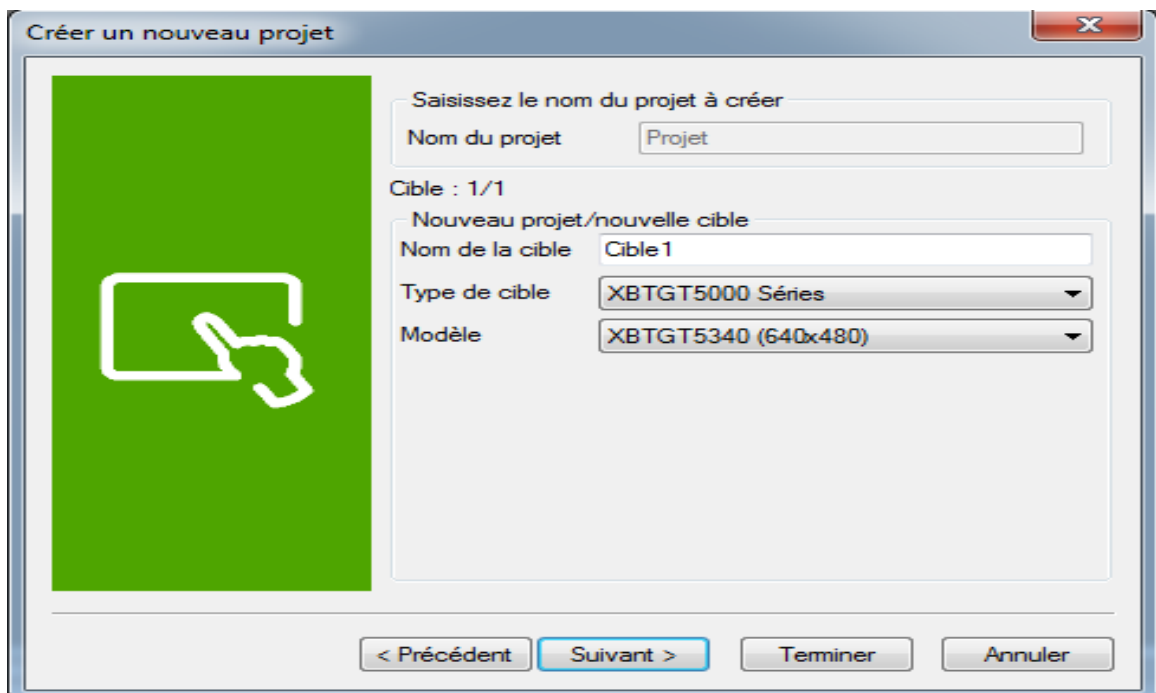


2. Dans la boîte de dialogue, créer un nouveau projet et configurer les champs suivants :
 - Nom de projet: saisissez un nom pour le projet.
 - Description ou commentaire: saisissez la description du projet, si nécessaire (ce champ est limité à 255 caractères).
 - Type : Indiquer si votre projet dispose d'une cible ou plusieurs cibles. Si vous avez plusieurs cibles, indiquer le nombre.
 - Mot de passe du projet: Sélectionner si votre projet est sécurisé. Si la sécurité est activée, saisir un mot de passe.

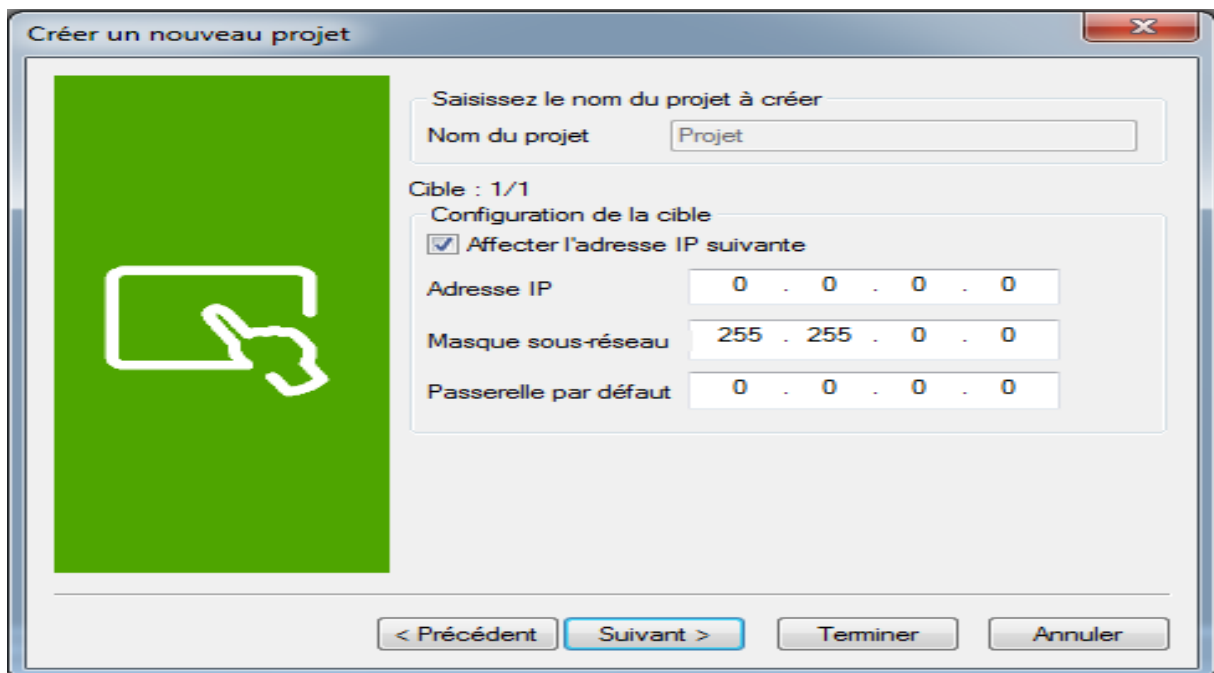


3. Configurer les champs suivants pour cette boîte de dialogue:

- Nom de la cible: saisir un nom pour votre cible.
- Type de cible: sélectionner le type de cible à partir de la liste de type de cible.
- Modèle: sélectionner votre modèle de cible à partir de la liste modèle.

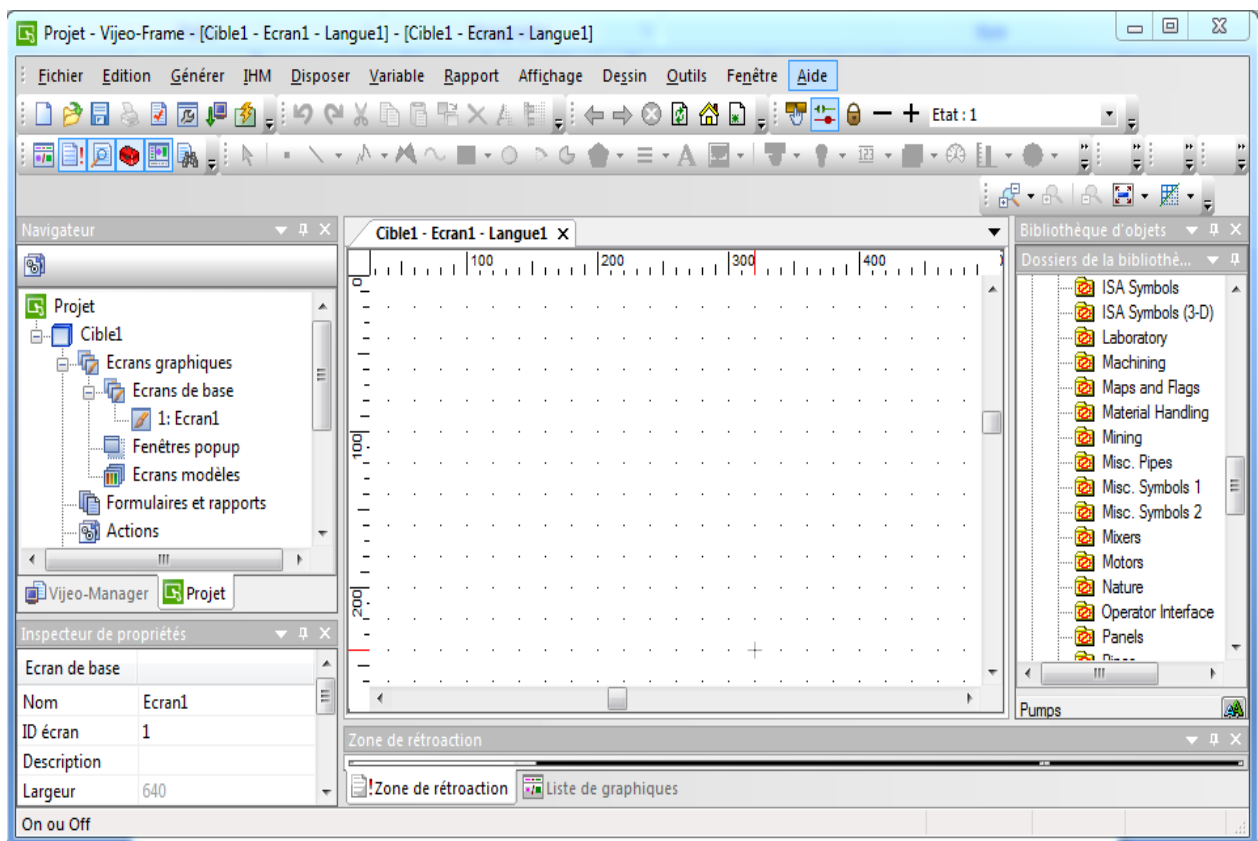


4. Saisir l'adresse IP de la machine cible.



5. Espace de travail

A l'afin de création de projet avec une manière performante, l'espace de travail de Vijeo Designer s'ouvre. L'espace de travail de Vijeo Designer nous offre tous les outils nécessaires à la présentation d'un quelconque système automatique, mécanique, hydraulique et autres.



IV.7 comment développer un projet

Cette section aborde la procédure d'utilisation de Vijeo Designer, depuis l'installation jusqu'à l'exécution du projet dans Runtime [8].

L'organigramme ci-dessous (Figure IV.2) montre les différentes étapes de la procédure.

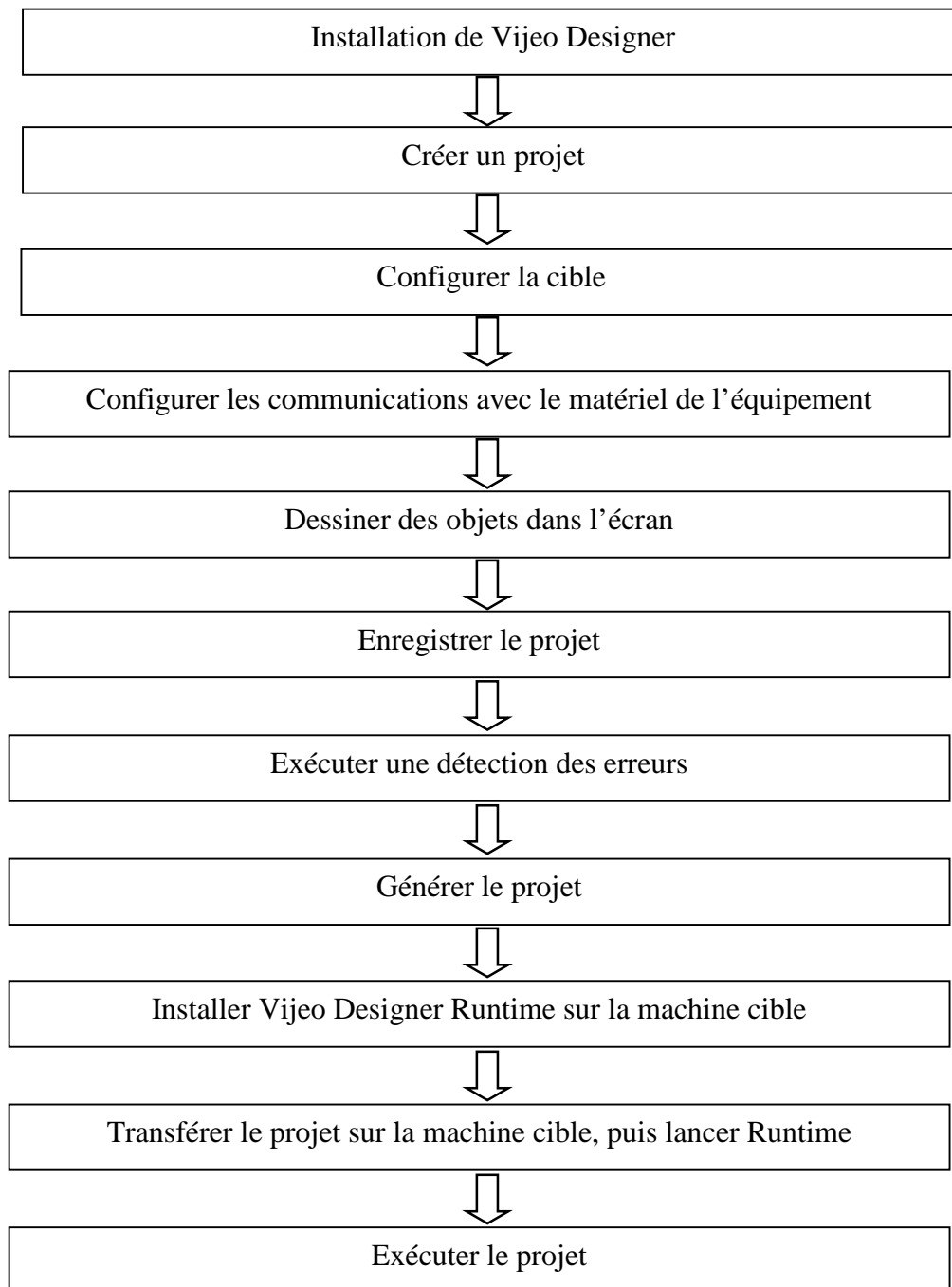


Figure IV.2 : Schéma de développement d'un projet

IV.8 Plateforme de supervision de la station

L'application Vijeo Designer que nous avons élaborée permet de contrôler la commande de notre station qui est constituée de trois (3) écrans.

IV.8.1 Vue d'accueil

La vue d'accueil (Figure IV.3) est la vue d'entrée qui sera tout le temps visible sur le pupitre. Elle contient les informations de l'entreprise (MCR) et de l'université (UMMTO) et aussi les noms des concepteurs. Cette fenêtre permet aussi l'accès aux vues suivantes.

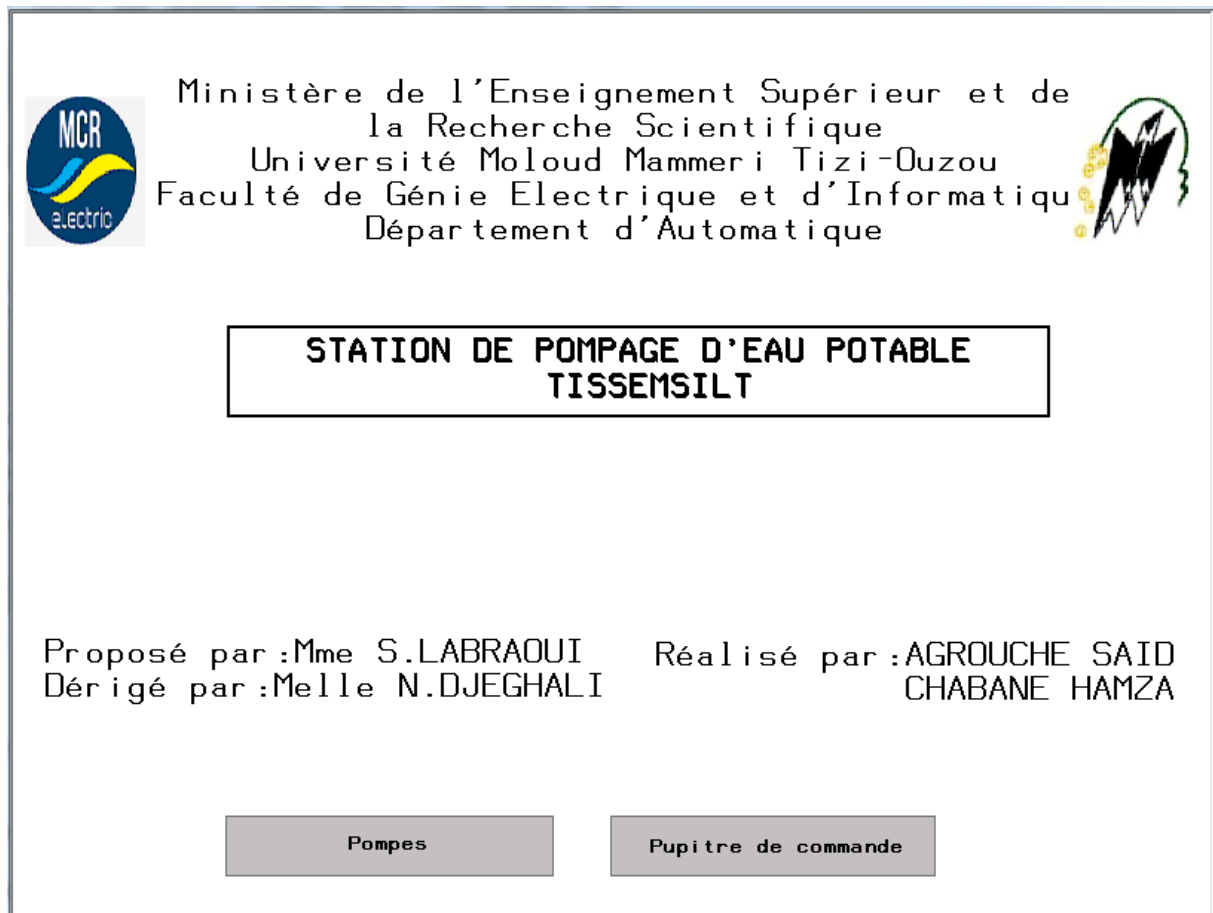


Figure IV.3 : Vue d'accueil

IV.8.2 Vue Pompes

Cette vue (figure IV.4) représente l'état de fonctionnement des pompes (marche et l'arrêt).

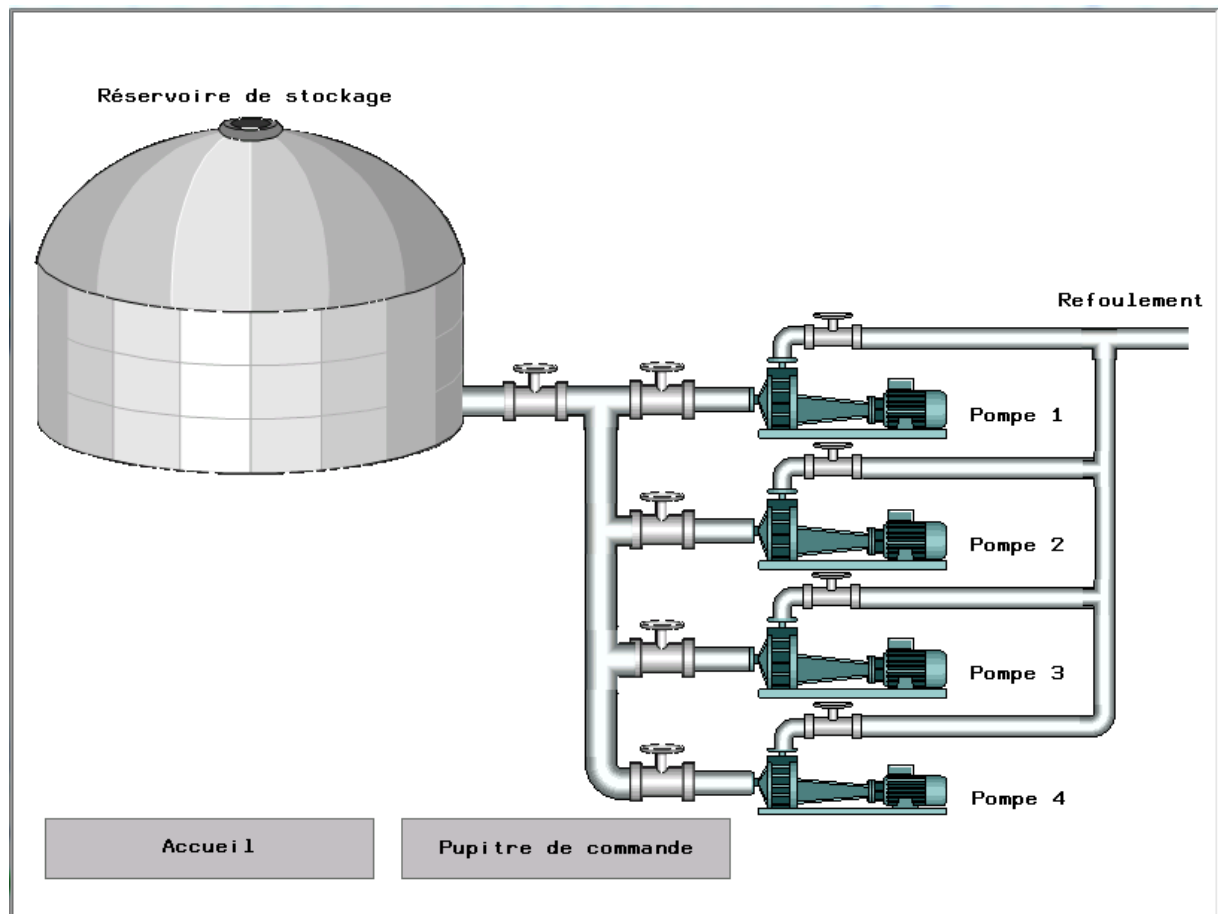


Figure IV.4 : Vue Pompes

IV.8.3 Vue pupitre de commande

Dans cette vue (figure IV.5) se trouvent les différents boutons poussoir de mise en marche et d'arrêt, les commutateurs et les différents indicateurs de l'état de système.

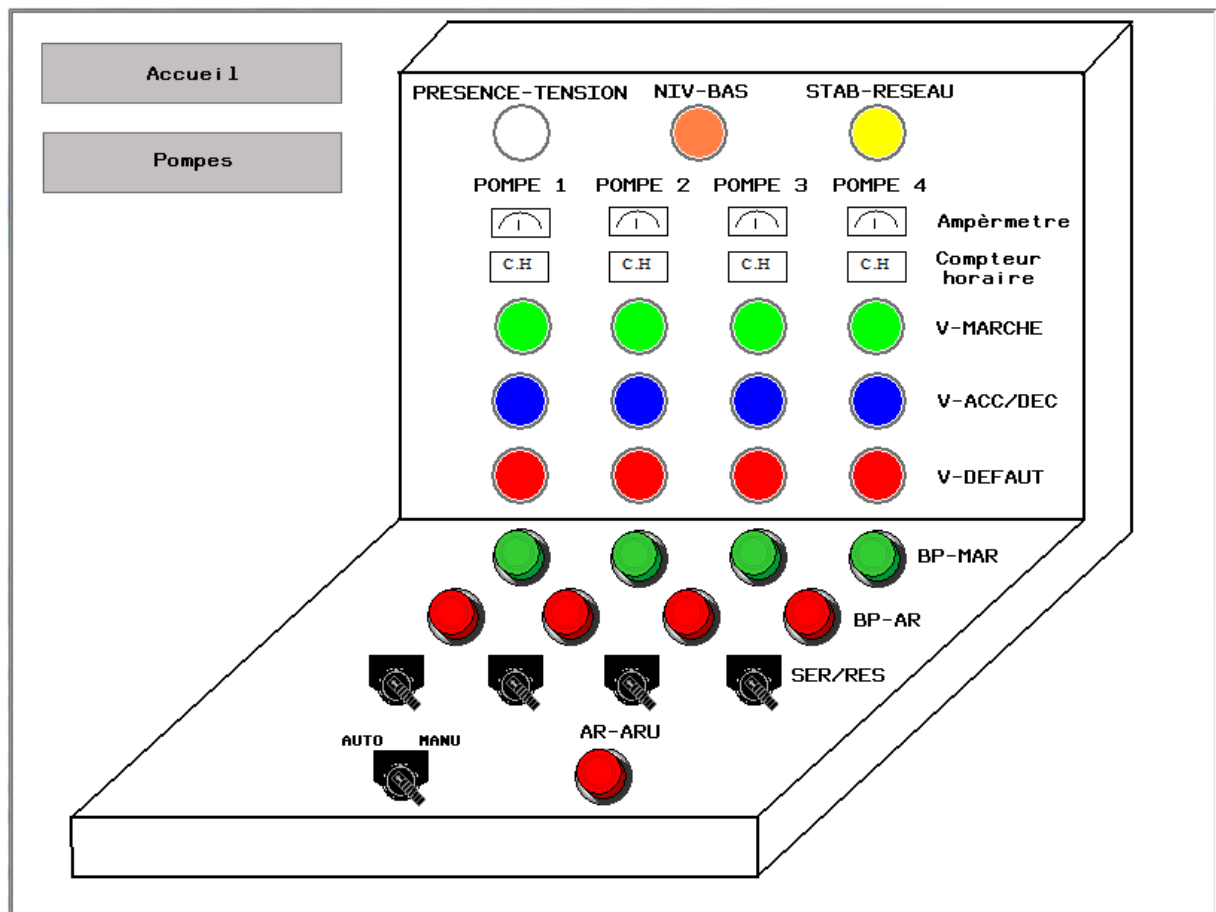


Figure IV.5 : Vue pupitre de commande

IV.8 Conclusion

Dans ce dernier chapitre, consacré à la supervision de la station de pompage Tissemsilt, nous avons décrit la supervision en précisant sa place dans le domaine de l'hydraulique, puis nous avons élaboré sous le logiciel Vijeo Designer les écrans qui permettent de suivre l'évolution du procédé, et d'intervenir directement sur la commande du processus.

Conclusion Générale

Le projet que nous avons mené dans le cadre du stage pratique qui s'est déroulé au sein de l'entreprise MCR Electric sise à TIZI-OUZOU, a porté sur l'étude et la conception de l'automatisation d'un procédé physique réel. Ce procédé est celui d'un processus de pompage d'eau.

Dans un premier temps, nous avons mené une étude détaillée sur le fonctionnement du processus en identifiant les différentes étapes et les tâches associées.

Ensuite, nous avons proposé une solution de commande et de conduite automatisée en utilisant l'outil puissant de modélisation qui est le GRAFCET. La conception de la solution automatisée proposée considère l'automate programmable Twido de Schneider. L'efficacité de la solution proposée a été illustrée en simulation sous le logiciel Twido suite.

Enfin en dernière partie, nous avons développé une plateforme de supervision basée sur Vijeo Designer. Cette plateforme permet à l'opérateur de suivre le fonctionnement du processus physique et d'intervenir en cas de défaillance ou de dysfonctionnement ou encore de modifier les conditions de fonctionnement.

Ce stage nous a permis de nous confronter à la réalité du terrain dans un environnement industriel. Nous avons acquis de nombreuses notions pratiques sur les procédés industriels et leur fonctionnement. Ce stage nous a permis aussi de nous familiariser avec les différentes technologies utilisées et les équipements constituant un procédé physique réel et de valoriser les notions théoriques que nous avons acquises en particulier sur la conduite des systèmes à événements discrets et sur les automates programmables et leur implantation en temps réel.

Le travail que nous avons accompli est loin d'être complet. La validation expérimentale de la solution d'automatisation que nous avons proposée est une perspective majeure et nécessaire. La gestion en temps réel du processus englobant la maîtrise des fonctions de régulation numérique et des fonctions de surveillance et de diagnostic prises en charge par l'automate et aussi celle des fonctions d'interface homme-machine constitue évidemment un objectif primordial pour l'entreprise dans la formation du personnel technique et l'optimisation du fonctionnement du procédé.

Nous souhaitons ainsi que le projet que nous avons réalisé constituera une base de travail aux prochaines promotions d'étudiants afin d'engager l'étape de validation expérimentale.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] Documentation interne de la station et de l'entreprise MCR Electric.
- [2] CHEMCHAOUI. N, HADDADI. H, « Elaboration d'une solution programmable et d'une plate-forme de Supervision pour la STE de Tizi-Gheniff », promotion 2015.
- [3] M. A. AOULLI, A. MALLEK, « Commande et Supervision de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Tamanrasset », promotion 2014.
- [4] Schneider Electric, « Altistart 48 Telemecanique ».
- [5] Schneider Electric, « Guide des Solutions d'automatisme », édition 2008.
- [6] N. BELAIDI, S. HADJ SAID, « Conception d'une Solution de commande et supervision d'une station de conditionnement de lait à base d'une Automate TSX 57202 », promotion 2010.
- [7] www. Schneider-Electric. Com, «Automates programmables Twido», Edition 2011.
- [8] Help Vijeo Designer, «Version 5.0».

Résumé

Dans ce mémoire, nous avons étudié le procédé de fonctionnement d'une station de pompage d'eau potable et nous avons fait la conception de son système de commande automatisée. Cette station est située dans la ville Tissemsilt.

Cette station est destinée à alimenter en eau potable la population de la ville Tissemsilte.

Notre travail consiste à automatiser et développer une plate forme de supervision, pour cela nous avons commencé par une analyse fonctionnelle de toute la station.

Par la suite nous avons élaboré un modèle grafcet décrivant le fonctionnement de cette station.

Puis nous avons proposé une solution de commande en logique programmée qui assure son fonctionnement à l'aide du logiciel Twidosuite de gamme Schneider.

En fin nous avons construit une plate forme de supervision pour que l'opérateur commande et visualise son fonctionnement en temps réel. En cas d'erreur, l'opérateur est directement informé sur l'origine de cette dernière ainsi il pourra intervenir rapidement.

Mots clés

- Automatisation
- Une solution programmable
- Plate forme de supervision
- Tissemsilt