

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche**  
**Scientifique**



**Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued**  
**FACULTE DE TECHNOLOGIE**  
**DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE**



**Mémoire de fin d'étude**

Présenté pour l'obtention du diplôme de

**MASTER ACADEMIQUE**

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Electromécanique

Spécialité : Electromécanique

**Thème**

Utilisation de PLC pour le contrôle automatique dans  
les procédés industriels

Devant le jury composé de : Présenté par :

Dr- Menaceur Nouredine

Président

- ABID Omar

Dr- Guiaa Houssam

Examineur

- KADDOURI Mohammed laid

Dr- Laouamer Mosbah

Encadreur

- MOUMEN BEKKOUCHE Lokman

Mr- Belila Khaled

Co.Encadreur

**2020-2021**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## **Remerciements**

*Tout d'abord, je tiens à remercier Dieu Tout-Puissant de m'avoir donné le courage et la volonté de terminer ce travail. Mes premiers remerciements vont à mon encadreur de mémoire, **Dr.Laouamer Mosbah** et*

***Mr. Khaled belila**, pour le temps et l'attention qu'il a bien voulu consacrer au bon déroulement de ce travail.*

Dédicace :

*Je dédie cette thèse... ?*

*A ma très chère mère,*

*A mon très cher père,*

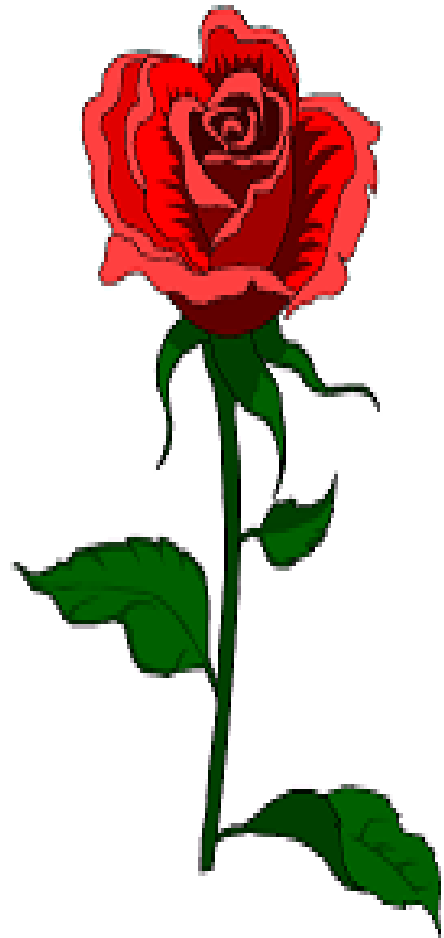
*A mes frères et sœurs,*

*A mes beaux-parents,*

*A mes beaux-frères et sœurs,*

*A mes amis.*

*Sur tout zakaria mim.*



*Abid Omar*

Dédicace :

*Je dédie cette thèse... ?*

*A ma très chère mère,*

*A mon très cher père,*

*A ma très chère épouse,*

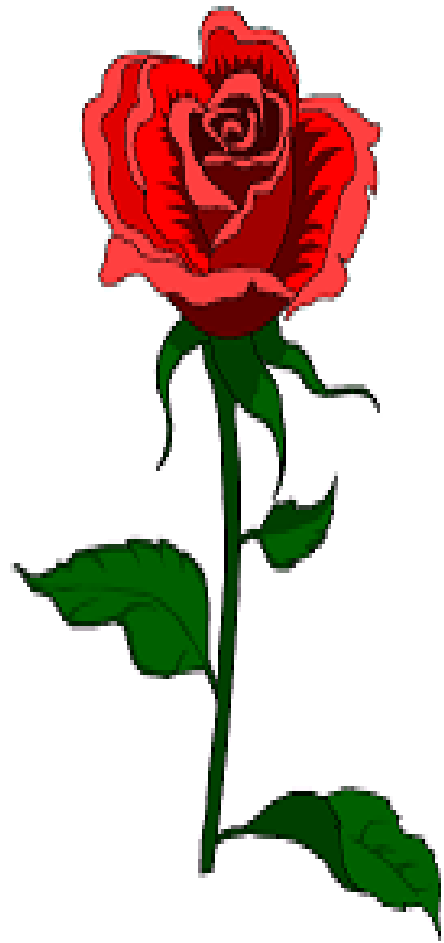
*A mes très chers mon filles,*

*A mes frères et sœur,*

*A mes beaux-parents,*

*A mes beaux-frères et sœurs,*

*A mes amis.*



*Kaddouri Mohammed Laid*

Dédicace :  
*Je dédie cette thèse... ?*

*A ma très chère mère,*

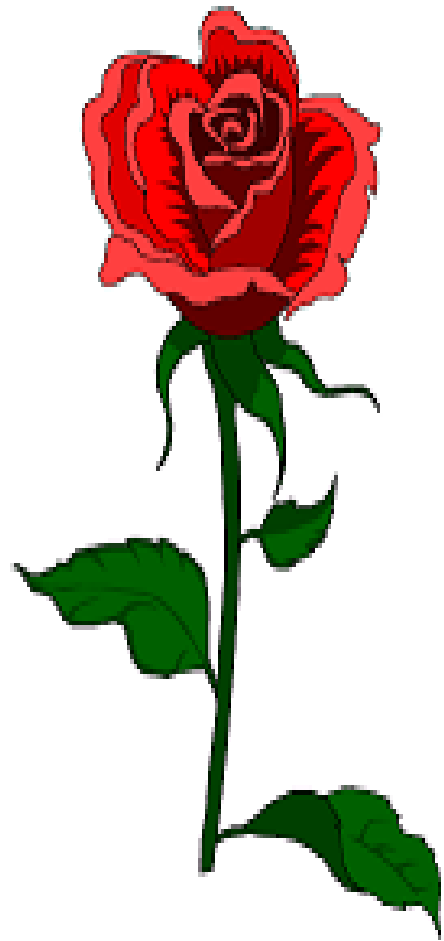
*A mon très cher père,*

*A mes frères et sœur,*

*A mes beaux-parents,*

*A mes beaux-frères et sœurs,*

*A mes amis.*



*Moumen Bekkouche Lokmane*

# **Sommaire**

# Sommaire

<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>Chapitre (I): Les Capteurs</b> .....	2
I.1. Introduction.....	3
I.2. Définition .....	3
I.3. Les différents types de capteurs.....	4
I.3.1. Selon l’information délivrée en sortie .....	4
I.3.2. Selon les catégories .....	4
I.3.2.1. Capteur actifs .....	5
I.3.2.2. Capteur passifs .....	6
I.4. Principales caractéristiques des capteurs .....	7
I.5. Principe de fonctionnement du capteur .....	8
I.6. Caractéristiques d'une chaîne de mesure informatisée .....	9
I.7. Classification des signaux .....	10
I.8. Conclusion .....	12
<b>Chapitre (II): Automatisation et automate programmable industriel</b> .....	13
II.1. Introduction.....	14
II.2. Notion de système automatisé .....	15
II.2.1. Point de vue historique .....	15
II.2.2. Point de vue technique.....	15
II.2.3. Point de vue économique et social .....	15
II.3. Définition de l’API .....	16
II.4. Architecture d’un automate programmable .....	16
II.4.1. Aspect extérieur de l’automate programmable .....	16
II.4.2. Structure interne des automates programmables .....	18
II.4.2.1. L’unité centrale.....	18
II.4.2.2. Module d'alimentation .....	20
II.4.2.3. Le bus interne .....	20
II.4.2.4. Mémoires .....	20
II.4.2.5. Interface d’entrees/sorties (E/S).....	21
II.4.3. Fonctions réalisées .....	22

II.5. Nature des informations traitées par l'automate .....	22
II.5.1. Tout ou rien (TOR) .....	22
II.5.2. Analogique .....	22
II.5.3. Numérique .....	22
II.6. Langages de la programmation .....	23
II.6.1. Programmation à l'aide du GRAFCET (SFC: Sequential Function Chart) .....	23
II.6.2. Langage à contacts (LD : Ladder Diagramme) .....	26
II.6.3. Langage Blocs Fonctionnels (FBD : Function Bloc Diagram) .....	26
II.6.4. Langage ST .....	27
II.7. L'environnement de l'API.....	28
II.8. Critères de choix d'un automate .....	29
II.9. Les avantages les inconvénients : .....	29
II.10. Conclusion.....	30
<b>Chapitre (III): Application et simulation de L'API Schneider Zelio soft 2 .....</b>	<b>31</b>
III.1. Introduction.....	32
III.2. Historique sur le Pivot d'irrigation traditionnel en El Oued .....	32
III.3. Généralité sur les modules Zelio Logic Schneider.....	33
III.3.1. Présentation.....	33
III.3.2. Programmation .....	33
III.3.3. Types de module Zelio logiques de Schneider .....	34
III.3.3.1. Modules logiques compacts.....	34
III.3.3.2. Modules logiques modulaires .....	34
III.3.4. Langages de la programmation Zelio Logic Schneider .....	36
III.3.4.1. Langage à contacts (LADDER) .....	36
III.3.4.2. Langage blocs fonctions (FBD / Grafcet SFC / Fonctions logiques).....	36
III.3.5. Communication.....	38
III.3.6. Détail produit.....	40
III.3.7. Caractéristiques et les avantages.....	40
III.3.8. Applications - où puis-je l'utiliser .....	40
III.3.9. Relais intelligent Zelio Logic 2 de Schneider Electric – Informations supplémentaires.....	41
III.4. Application et simulation de l'API Zelio Schneider (SR3B101FU) .....	41
III.4.1. Matériel utilise.....	41

---

✚ API (SR3B101FU) .....	45
✚ Interrupteur sectionneur bipolaire .....	45
✚ Lecontacteur triphasé .....	45
✚ Moteur asynchrone .....	45
✚ électrovanne.....	45
✚ Câble triphasée pour alimente le moteur (cote puissance) .....	45
✚ Le fil de branchement .....	45
III.4.2. Méthode de câblage .....	48
III.4.3. Méthode de programmation .....	49
III.4.3.1. Schéma Grafcet .....	49
III.4.3.2. Les équations .....	49
III.4.3.3. Schéma de programme Ladder .....	49
III.4.3.4. Transfert à l'API .....	49
III.4.4. Résultat .....	53
✚ Simulation par Zelio Soft2 V5.4.0 : .....	53
✓ 1ere étape .....	54
✓ 2eme étape .....	55
✓ 3eme étape .....	55
✓ 4eme étape .....	56
✓ 5eme étape.....	56
✚ Application pratique .....	58
✓ 1ere étape .....	54
✓ 2eme étape .....	55
✓ 3eme étape .....	55
✓ 4eme étape .....	60
✓ 5eme étape.....	60
III.5.Conclusion .....	61
Conclusion général.....	62
Bibliographie...	63
résume .....	65

# Liste des figures

# Liste des figures

## **Chapitre(I) : Les Capteurs**

**Fig (I.1):** Principe de fonctionnement de capteur

**Fig (I.2):**Signal des capteurs analogiques

**Fig (I.3):**Signal des capteurs numériques

**Fig (I.4):**Signal des capteurs TOR

**Fig (I.5):** capteurs actif

**Fig (I.6):**Capteurs passifs

**Fig(I.7):**Illustration du signal TRIGGER et ECHO

**Fig (I.8):**Caractéristiques d'une chaîne de mesure

**Fig (I.9):**Signal continu (niveau)

**Fig (I.10):** Signal Temporel (Forme)

**Fig (I.11) :** Signal Fréquentiel

**Fig (I.12) :** Signal Tout ou rien

**Fig (I.13):**Signal Train d'impulsion

**Fig (I.14):**Signal Echantillonnage

## **Chapitre (II) : Automatismes et Automate Programmable Industriel**

**Fig (II.1):**API Type compact Schneider (Zelio) et siemens (LOGO)

**Fig (II.2):** API type modulaire Schneider (Zelio) et siemens (LOGO)

**Fig (II.3):**Structure interne de l'API

**Fig (II.4):**Architecteur de l'unité centrale

**Fig (II.5):**Partie opérative et partie commande.

**Fig (II.6):**Grafcet Divergence et convergence en ET

**Fig (II.7):**Grafcet Divergence et convergence en OU

**Fig (II.8):**Grafctet Saut d'étape

**Fig (II.9):**Grafctet Reprise d'étape

**Fig (II.10):**Exemple Programme LD avec de liaison multiple à droite.

**Fig (II.11):**Exemple Programme FBD avec de saut et d'étiquette.

**Fig (II.12):**Exemple Programme ST.

**Fig (II.13):**Structure d'un système automatisée

## **Chapitre(III) : Application et simulation de l'API Schneider Zelio Zoft 2**

**Fig (III.1) :** Pivot d'irrigation

**Fig (III.2) :** Module Zelio Logic compact

**Fig (III.3) :** Module Zelio Logic modulaire avec Extension entrées/sorties TOR

**Fig (III.4) :** Module Zelio Logic modulaire avec Extension entrées/sorties TOR et Ethernet Modbus/TCP

**Fig (III.5):** Câble [SR2USB01](#)

**Fig (III.6):** Interface Bluetooth [SR2BTC01](#)

**Fig (III.7) :** cartouche mémoire [SR2MEM02](#)

**Fig (III.8) :** API (SR3B101FU)

**Fig (III.9) :** Interrupteur sectionneur bipolaire

**Fig (III.10) :** Le contacteur et leur Constitution

**Fig (III.11) :** Principe de Fonctionnement d'un contacteur

**Fig (III.12):** Moteur asynchrone

**Fig (III.13):** électrovanne

**Fig (III.14):** Câble triphasée

**Fig (III.15):** fil de branchement

**Fig (III.16):**Schéma de câblage de projet

**Fig (III.17):** Schéma Grafctet

**Fig (III.18) :** Schéma de programme Ladder Timer

**Fig (III.19) :** Schéma de programme Ladder Out put

**Fig (III.20) :** Schéma de programme Ladder Set

**Fig (III.21) :** Schéma de programme Ladder Reset

**Fig (III.22):** envoyer programme Ladder a l'API

**Fig (III.23) :** Résultat de simulation 1ère étape

**Fig (III.24) :** Résultat de simulation 2ème étape

**Fig (III.25) :** Résultat de simulation 3ème étape

**Fig (III.26) :** Résultat de simulation 4ème étape

**Fig (III.27) :** Résultat de simulation 5ème étape

**Fig (III.28) :** armoire utilise pour notre projet

**Fig (III.29) :** Résultat d'application 1ere étape

**Fig (III.30) :** Résultat d'application 2eme étape

**Fig (III.31) :** Résultat d'application 3eme étape

**Fig (III.32) :** Résultat d'application 4eme étape

**Fig (III.33) :** Résultat d'application 4eme étape

# Liste des tableaux

# Liste des tableaux

## **Chapitre(I) : Les Capteurs**

**Tableau (I.1):** Quelque Grandeur physique détecte par des capteurs actifs

**Tableau (I.2):** Quelque Grandeur physique détecte par des capteurs passifs

## **Chapitre(III) : Application et simulation de l'API Schneider Zelio Zoft 2**

**Tableau (III.1) :** symboles LADDER et Symboles électrique

**Tableau (III.2) :** Quelque caractéristique de l'API (SR3B101FU)

**Tableau (III.3) :** Catégories des contacteurs

**Tableau (III.4) :** Lancement d'un exemple dans l'atelier de programmation Zelio Soft2

# **Listes de termes**

# **Listes de termes**

**TOR** : Tout Ou Rien

**API**: Automate Programmable Industriel

**UC**: Unité Central

**DC**: Direct Courant

**AC**: Alternative Courant

**PLC**: Programmable Logic Controller

**MAS**: Moteur Asynchrone

# **Introduction**

## **Générale**

## **Introduction générale**

**L'**automatisation est la priorité absolue de l'industrie moderne. Le débat sur ce phénomène a toujours été controversé, car les machines ont tendance à remplacer les humains dans plusieurs tâches. Malheureusement, les humains ne peuvent pas effectuer les tâches effectuées par les machines dans plusieurs domaines. Il s'agit notamment d'assurer sa gestion par le remplacement des équipements techniques à commande manuelle. Le système ainsi conçu sait considérer la situation où son ordre a été exécuté.

Le développement à grande échelle de la technologie d'automatisation permet de passer de machines automatisées à des systèmes de production automatisés. Les systèmes de production automatisés gèrent l'approvisionnement en énergie. En plus de la sécurité et de la fiabilité, ils peuvent également améliorer la qualité des produits. La flexibilité du processus, mais cela conduit à une augmentation de la demande, notamment la manipulation d'un grand nombre de variables et la gestion du flux de communication proprement dit. Un automate programmable est un appareil dédié à la commande d'une machine ou d'un processus industriel, il est constitué de composants électroniques, dont une mémoire, pouvant être programmés par des utilisateurs non informaticiens dans un langage approprié. En d'autres termes, un contrôleur logique programmable est un calculateur logique ou un ordinateur avec un jeu d'instructions délibérément réduit pour le contrôle et la surveillance en temps réel des processus industriels.

Le mémoire constitue trois parties suivant :

- ✓ **1ere partie** : Nous avant parler sur les capteurs et leurs types et caractéristiques.
- ✓ **2eme partie** : Parler à l'Automate Programmable Industriel (API ou PLC en anglais) et leurs types et caractéristiques et programmations.
- ✓ **3eme partie** : nous avant applique l'API dans le domaine industriel exactement commande d'ouverture et fermeture automatique de pivot d'irrigation.

# **Chapitre (I) : Les Capteurs**

## I.1. Introduction:

Dans de nombreux domaines (industrie, recherche scientifique, services, loisirs ...), on a besoin de contrôler de nombreux paramètres physiques (température, force, position, vitesse, luminosité, ...) en une autre grandeur physique, généralement électrique (tension) exploitable par un système électronique et/ou informatique. Les capteurs ont une histoire de développement similaire aux machines.

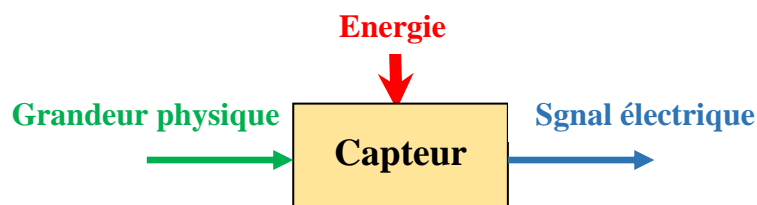
Les capteurs sont omniprésents dans la vie quotidienne, on les trouve partout, dans les machines dans les téléphones et dans les appareils. Plusieurs avancées récentes ont rendu les capteurs plus applicables à l'agriculture.

Tout d'abord, ils ont été couplés aux convertisseurs analogique/numérique suivis d'une miniaturisation puis à la communication radio. Aujourd'hui, un capteur placé dans un champ peut mesurer un phénomène physique, convertir cette mesure en un signal électronique puis transmettre ce signal avec des ondes électromagnétiques à une station de base éloignée. Cette mesure détectée et sa transmission par ondes radio peuvent être effectuées automatiquement, libérant la nécessité pour quelqu'un d'être sur place pour récupérer les données enregistrées.

## I.2. Definition:

Un capteur est un organe de prélèvement d'information qui élabore à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur physique de nature différente (très souvent électrique). [1]

Cette grandeur représentative de la grandeur prélevée est utilisable à des fins de mesure ou de commande.



**Fig (I.1):** Principe de fonctionnement de capteur

### I.3. Les différents types de capteurs

#### I.3.1. Selon l'information délivrée en sortie :

On peut classer les capteurs en 3 groupes en fonction de la nature de l'information délivrée en sortie :

##### ✓ Les capteurs analogiques

Dans la pratique industrielle, on donne à ce type de matériel le nom de capteurs.

Type de signal de sortie : 0 – 10V ou 4 – 20mA

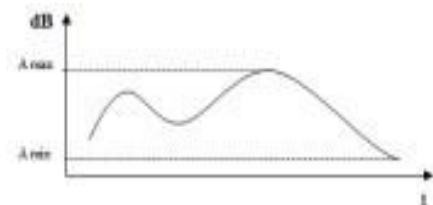


Fig (I.2): Signal des capteurs analogiques

##### ✓ Les capteurs numériques

Souvent nommés codeurs ou compteurs.

Type de signal de sortie : 0011 ou 0001

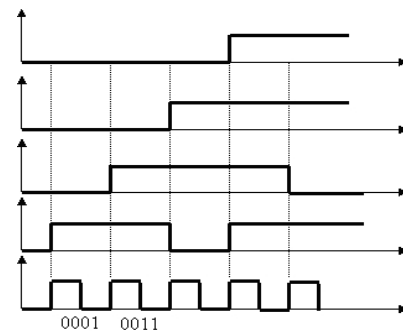


Fig (I.3): Signal des capteurs numériques

##### ✓ Les capteurs logiques ou Tout Ou Rien (TOR)

Ils portent le nom de détecteurs.

Type de signal de sortie 0V ou 5V

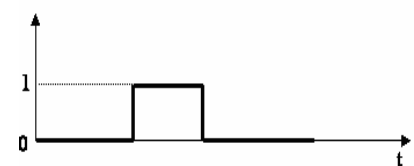


Fig (I.4): Signal des capteurs TOR

#### I.3.2. Selon les catégories :

Si l'on s'intéresse aux phénomènes physiques mis en jeu dans les capteurs, on peut classer ces derniers en deux catégories.

### I.3.2.1. Capteurs actif:

Fonctionnant en générateur, un capteur actif est généralement fondé dans son principe sur un effet physique qui assure la conversion en énergie électrique de la forme d'énergie propre à la grandeur physique à prélever, énergie thermique, mécanique ou de rayonnement.



Fig (I.5): capteurs actif

Les effets physiques les plus classiques sont :

- ✓ **Effet thermoélectrique** : Un circuit formé de deux conducteurs de nature chimique différente, dont les jonctions sont à des températures  $T_1$  et  $T_2$ , est le siège d'une force électromotrice d'origine thermique  $e(T_1, T_2)$ .
- ✓ **Effet piézo-électrique** : L'application d'une contrainte mécanique à certains matériaux dits piézo-électriques (le quartz par exemple) entraîne l'apparition d'une déformation et d'une même charge électrique de signe différent sur les faces opposées.
- ✓ **Effet d'induction électromagnétique** : La variation du flux d'induction magnétique dans un circuit électrique induit une tension électrique (détection de passage d'un objet métallique).
- ✓ **Effet photo-électrique** : La libération de charges électriques dans la matière sous l'influence d'un rayonnement lumineux ou plus généralement d'une onde électromagnétique.

- ✓ **Effet Hall** : Un champ magnétique  $B$  et un courant électrique  $I$  créent dans le matériau une différence de potentiel  $U_H$ .
- ✓ **Effet photovoltaïque**: Des électrons et des trous sont libérés au voisinage d'une jonction PN illuminée, leur déplacement modifie la tension à ses bornes.

Grandeur physique mesurée	Effet utilisé	Grandeur de sortie
Température	Thermo électricite	Tension
Flux de rayonnement optique	Photo-émission	Courant
	Effet photovoltaïque	Tension
	Effet photo-électrique	Tension
Force	Piézo-électricité	Charge électrique
Pression		
Accélération	Induction électromagnétique	Tension
Vitesse		
Position(Aimant)	Effet Hall	Tension
Courant		

**Tableau (I.1):** Quelque Grandeur physique détecte par des capteurs actifs

### I.3.2.2. Capteurs passifs:

Il s'agit généralement d'impédance dont l'un des paramètres déterminants est sensible à la grandeur mesurée. La variation d'impédance résulte : Soit d'une variation de dimension du capteur, c'est le principe de fonctionnement d'un grand nombre de capteur de position, potentiomètre, inductance à noyaux mobile, condensateur à armature mobile. [2]

Soit d'une déformation résultant de force ou de grandeur s'y ramenant, pression accélération (armature de condensateur soumise à une différence de pression, jauge d'extensomètre liée à une structure déformable).



**Fig (I.6):** Capteurs passifs

Grandeur mesurée	Caractéristiques électrique sensible	Type de matériau utilisé
Temperature	Résistivité	Métaux: platine, nikel, cuivre ....
Très base temperature	Constante diélectrique	Verre
Flux de rayonnement optique	Résistivité	Semi-conducteur
Déformation	Résistivité	Alliage de Nickel, silicium dopé
	Perméabilité magnétique	Alliage ferromagnétique
Position(Aimant)	Résistivité	Matériaux magnéto résistants: bismuth, antimoine d'indium
Humidité	Résistivité	chlorure de lithium

**Tableau (I.2):** Quelque Grandeur physique détecte par des capteurs passifs

#### I.4. Principales caractéristiques des capteurs :

- ✓ **Etendue de mesure** : Valeurs extrêmes pouvant être mesurée par le capteur.
- ✓ **Résolution** : Plus petite variation de grandeur mesurable par le capteur.
- ✓ **Sensibilité** : Variation du signal de sortie par rapport à la variation du signal d'entrée.
- ✓ **Précision** : Aptitude du capteur à donner une mesure proche de la valeur vraie.
- ✓ **Rapidité** : Temps de réaction du capteur, la rapidité est liée à la bande passante.
- ✓ **Linéarité** : représente l'écart de sensibilité sur l'étendue de mesure.

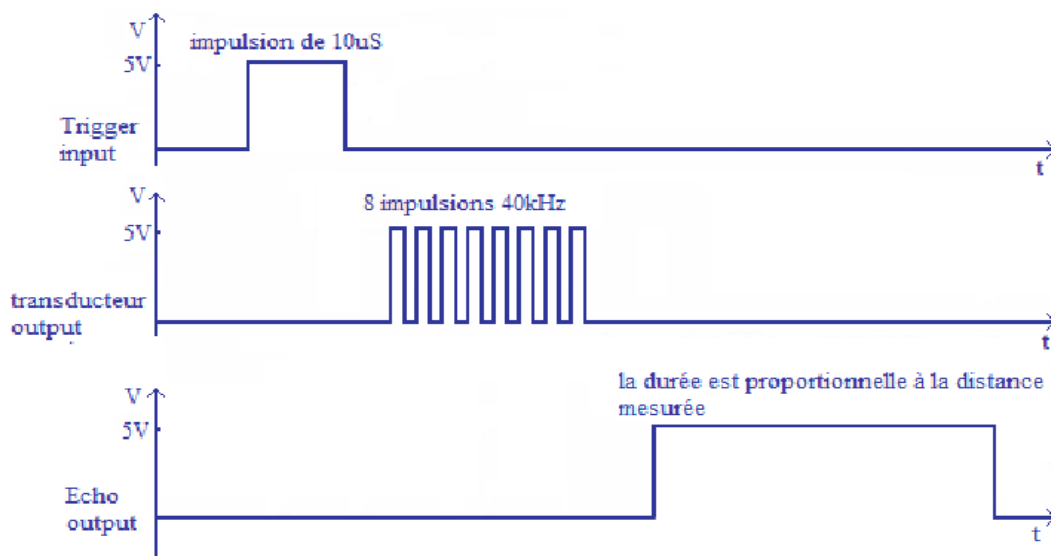
La performance d'un capteur peut être influencé par une grandeur physique autre que le mesurande dont la variation peut modifier la réponse du capteur :

- ✓ **Température** : modifications des caractéristiques électriques, mécaniques et dimensionnelles.
- ✓ **Pression, vibrations** : déformations et contraintes pouvant altérer la réponse.

- ✓ **Humidité** : modification des propriétés électriques (constante diélectrique ou résistivité). Dégradation de l'isolation électrique.
- ✓ **Champs magnétiques** : création de fém. d'induction pour les champs variables ou modifications électriques (résistivité) pour les champs statiques.
- ✓ **Tension d'alimentation** : lorsque la grandeur de sortie du capteur dépend de celle-ci directement (amplitude ou fréquence) Pour réduire l'influence de ces grandeurs physiques sur la performance d'un capteur il est nécessaire de :
  - Réduire les grandeurs d'influence (table anti-vibration, blindage magnétique...)
  - Stabiliser les grandeurs d'influence à des valeurs parfaitement connues
  - Compenser l'influence des grandeurs parasites par des montages adaptés (pont de Wheatstone)

### I.5. Principe de fonctionnement du capteur :

Le principe de fonctionnement du capteur est entièrement basé sur la vitesse du son. Pour déclencher une mesure, il faut envoyer une impulsion "High" (5V) d'au moins 10 $\mu$ s sur l'entrée TRIGGER du capteur. Le capteur émet alors une série de 8 impulsions ultrasoniques de 40kHz à travers le transducteur émetteur et attend le signal réfléchi à travers le transducteur récepteur. Lorsque celui-ci est détecté, il envoie un signal "High" sur la sortie "Echo", dont la durée est proportionnelle à la distance mesurée.



**Fig(I.7):** Illustration du signal TRIGGER et ECHO

La distance parcourue par un son se calcule en multipliant la vitesse du son, par le temps de propagation, soit :

$$d = v \cdot t \quad (1)$$

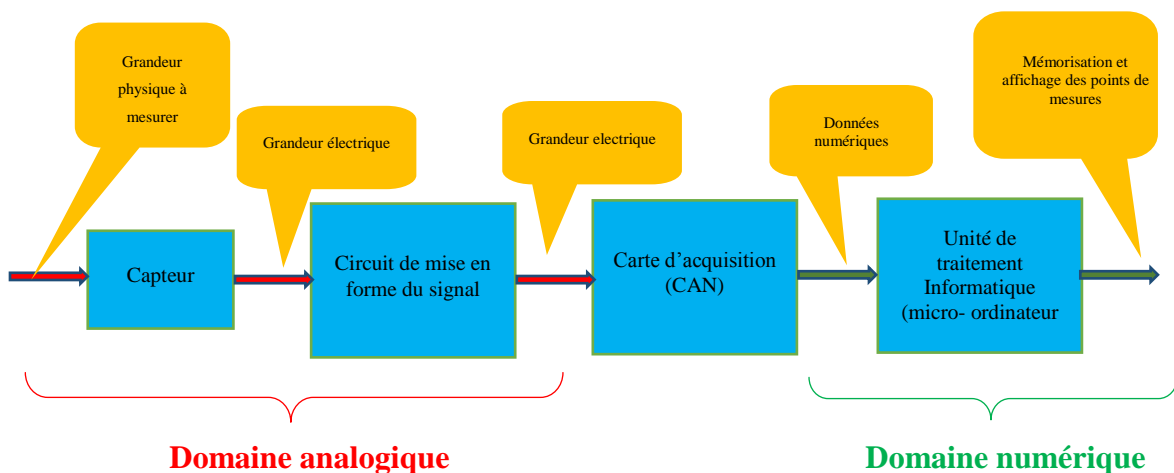
d : distance en cm

v : vitesse en cm/s

t : temps en s

Le HC-SR04 donne une durée d'impulsion proportionnelle à la distance mesurée multiplié par deux car le son fait un aller-retour, cette durée d'impulsion est mesurée en  $\mu\text{s}$ . La distance vaut donc la moitié.

### I.6. Caractéristiques d'une chaîne de mesure informatisée :



**Fig (I.8):** Caractéristiques d'une chaîne de mesure

La structure de base d'une chaîne de mesure comprend au minimum quatre étages :

- ✓ Un capteur sensible aux variations d'une grandeur physique et qui, à partir de ces variations, délivre un signal électrique.
- ✓ Un conditionneur de signal dont le rôle principal est l'amplification du signal délivré par le capteur pour lui donner un niveau compatible avec l'unité de numérisation; cet étage peut parfois intégrer un filtre qui réduit les perturbations présentes sur le signal.
- ✓ Une unité de numérisation qui va échantillonner le signal à intervalles réguliers et affecter un nombre (image de la tension) à chaque point d'échantillonnage.

- ✓ L'unité de traitement informatique peut exploiter les mesures qui sont maintenant une suite de nombres (enregistrement, affichage de courbes, traitements Mathématiques, transmissions des données ...).

De nos jours, compte tenu des possibilités offertes par l'électronique et l'informatique, les capteurs délivrent un signal électrique et la quasi-totalité des chaînes de mesure sont des chaînes électroniques et informatiques.

Certains capteurs, par exemple le thermomètre DALLAS DS1621, délivrent directement un mot binaire, image de la température, en leur sortie. Ils intègrent, dans un seul boîtier (DIL 08) le capteur + le circuit de mise en forme + le CAN [3]

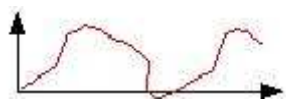
### I.7. Classification des signaux :

- ✚ Un signal est dit analogique si l'amplitude de la grandeur physique le représentant peut prendre une infinité de valeurs dans un intervalle donné.
- ✓ **Signal continu** : C'est un signal qui varie 'lentement' dans le temps : température, débit, niveau.



**Fig (I.9):** Signal continu (niveau)

- ✓ **Signal Temporel** : C'est la forme de ce signal qui est importante : pression cardiaque, chromatographie, impact. Forme



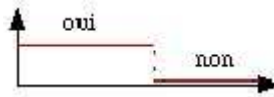
**Fig (I.10):** Signal Temporel (Forme)

- ✓ **Signal Fréquentiel** : C'est le spectre fréquentiel qui transporte l'information désirée : analyse vocale, sonar, spectrographie.



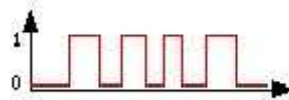
**Fig (I.11) :** Signal Fréquentiel

- ✚ Un signal est dit numérique si l'amplitude de la grandeur physique le représentant ne peut prendre qu'un nombre fini de valeurs. En général ce nombre fini de valeurs est une puissance de 2.
- ✓ **Signal Tout ou rien (TOR)** : Il informe sur l'état bivalent d'un système.  
Exemple : une vanne ouverte ou fermée.



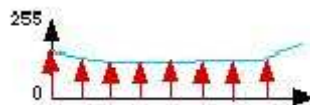
**Fig (I.12) :** Signal Tout ou rien

- ✓ **Signal Train d'impulsion** : Chaque impulsion est l'image d'un changement d'état.  
Exemple : un codeur incrémental donne un nombre fini et connu d'impulsion par tour.



**Fig (I.13):** Signal Train d'impulsion

- ✓ **Signal Echantillonnage** : C'est l'image numérique d'un signal analogique.  
Exemple : température, débit, niveau, son (pression)... [4]



**Fig (I.14):** Signal Echantillonnage

**I.8. Conclusion :**

Dans ce chapitre, en va détailler les types de capteurs et leur utilisation dans l'industrie pour simplifier l'appareil et trouver et obtenir des données importantes.

# **Chapitre(II) : Automatismes et Automate Programmable Industriel**

## II.1. Introduction:

L'automate programmable industriel est une commande conçue autour d'un microprocesseur. Sa conception et son langage de programmation sont spécialement adaptés aux contrôles de processus industriels. L'abréviation PLC de l'Anglais "Programmable logic Controller". Sa définition est donnée par la norme NFC 63-850: [5]

« Appareil électrique qui comporte une mémoire programmable par un utilisateur automatique (non informaticien) à l'aide d'un langage adapté, pour le stockage interne des instructions composant les fonctions d'automatisme comme par exemple :

- ✓ Logique séquentielle et combinatoire.
- ✓ Temporisation, comptage, décomptage, comparaison.
- ✓ Calcul arithmétique.
- ✓ Réglage, asservissement, régulation, etc. pour commander, mesurer et contrôler au moyen de modules d'entrées et de sorties (logique, numérique, ou analogique) différentes sorties de machines ou de processus, en environnement industriel ».

Les automates programmables industriels sont des équipements électriques à câblage interne indépendant du processus à commander. L'automate programmable industriel est adapté à la machine ou à l'installation à commander au moyen d'un programme qui définit le mode de déroulement des opérations souhaité et d'un câblage direct entre les éléments d'entrée et de sortie de l'automate. [6]

Les éléments d'entrée sont par exemple des auxiliaires de commande, des contacts de fin de course, des détecteurs de proximité mais aussi des tensions analogiques ou des détecteurs de courant (signaux en retour de la machine, signaux de commande issus du pupitre).

Les contacteurs, électrovannes, dispositifs de couplage, lampes, etc. sont des éléments de sortie (signaux de commande émis vers la machine, signaux de visualisation vers le pupitre).

Le nombre d'instructions traitées varie d'un automate à l'autre. Le programme est introduit à partir d'une console de programmation. Le jeu d'instruction d'un automate est orienté vers les problèmes de logique et vers les systèmes à évolution séquentielle. [5]

Les API se caractérisent par rapport aux ordinateurs par leur fiabilité et leur facilité de maintenance. Les modules peuvent être changés très facilement et le redémarrage des API est très rapide.

Au cours de la dernière décennie, la baisse du prix des A.P.I et des micro-ordinateurs a modifié sensiblement le domaine d'emploi des A.P.I. Au détriment de la logique câblée et des microprocesseurs. Les produits de type cartes à microprocesseurs n'ont pas eu les développements espérés. [6]

## **II.2. Notion de système automatisé :**

### **II.2.1. Point de vue historique :**

L'évolution des systèmes automatisés s'est faite en trois temps avec deux grandes ruptures. Chaque temps correspond à un type d'époque et à un type de logique de pensée. Ainsi on passe d'une vision imitative (Imitations des vivants au travers d'automates) à une vision mécaniste dans les années 50 (Opérationnalisation des machines, la machine remplace l'homme dans les tâches difficiles et répétitives, Ford) pour terminer vers une vision actuelle systémique (c'est l'ère de l'intelligence artificielle naît de la cybernétique de Wiener, la machine réfléchie, analyse et s'adapte, la spécialisation à fait place à la polyvalence et à la capacité d'adaptation), [7].

### **II.2.2. Point de vue technique :**

La fonction globale d'un système automatisé est une modification sur l'environnement pour laquelle de l'énergie est mobilisée. Sa finalité est d'apporter une valeur ajoutée à la matière d'œuvre (énergie, information, matière) qui est mise en jeu. Les applications sont vastes : industrielles, environnement, domotique (système de régulation et de sécurité), gestion à distance, [9].

### **II.2.3. Point de vue économique et social :**

Les systèmes automatisés ont un impact économique très important dans le monde industriel (gain de temps du à la robotisation, meilleure productivité, rendement optimisé...), mais aussi ils amènent des incidences sociales fortes autant, pour le travailleur (évolution des métiers, responsabilité accentuée, sécurité renforcée, imagination accrue, adaptabilité par la polyvalence), que pour le citoyen (amélioration des tâches ménagères, communication variées, commande à distance...), [10].

### II.3. Définition de l'API :

Un automate programmable industriel (ou API) est un dispositif électronique programmable destiné à automatiser des processus tels que la commande de machines au sein d'une usine et à piloter des robots industriels par exemple. Il reçoit des données par ses entrées, celles-ci sont ensuite traitées par un programme défini, le résultat obtenu étant délivré par ses sorties. Ce cycle de traitement est toujours le même, quel que soit le programme, néanmoins le temps d'un cycle d'API varie selon la taille du programme et la puissance de l'automate.

C'est l'unité centrale qui gère l'automate programmable : elle reçoit, mémorise et traite les données entrantes et détermine l'état des données sortantes en fonction du programme établi. [11]

### II.4. Architecture d'un automate programmable :

#### II.4.1. Aspect extérieur de l'automate programmable :

Aspect extérieur peuvent être de type compact ou modulaire.

##### ✓ De type compact :

On distinguera les modules de programmation (LOGO de Siemens, ZELIO de Schneider, MILLENIUM de Cruzet ...) des micros automates. Il intègre le processeur, l'alimentation, les entrées et les sorties. Selon les modèles et les fabricants, il pourra réaliser certaines fonctions supplémentaires (comptage rapide, E/S analogiques ...) et recevoir des extensions en nombre limité. [12] Ces automates, de fonctionnement simple, sont généralement destinés à la commande de petits automatismes.



Fig (II.1):API Type compact Schneider (Zelio) et siemens (LOGO)

✓ **De type modulaire :**

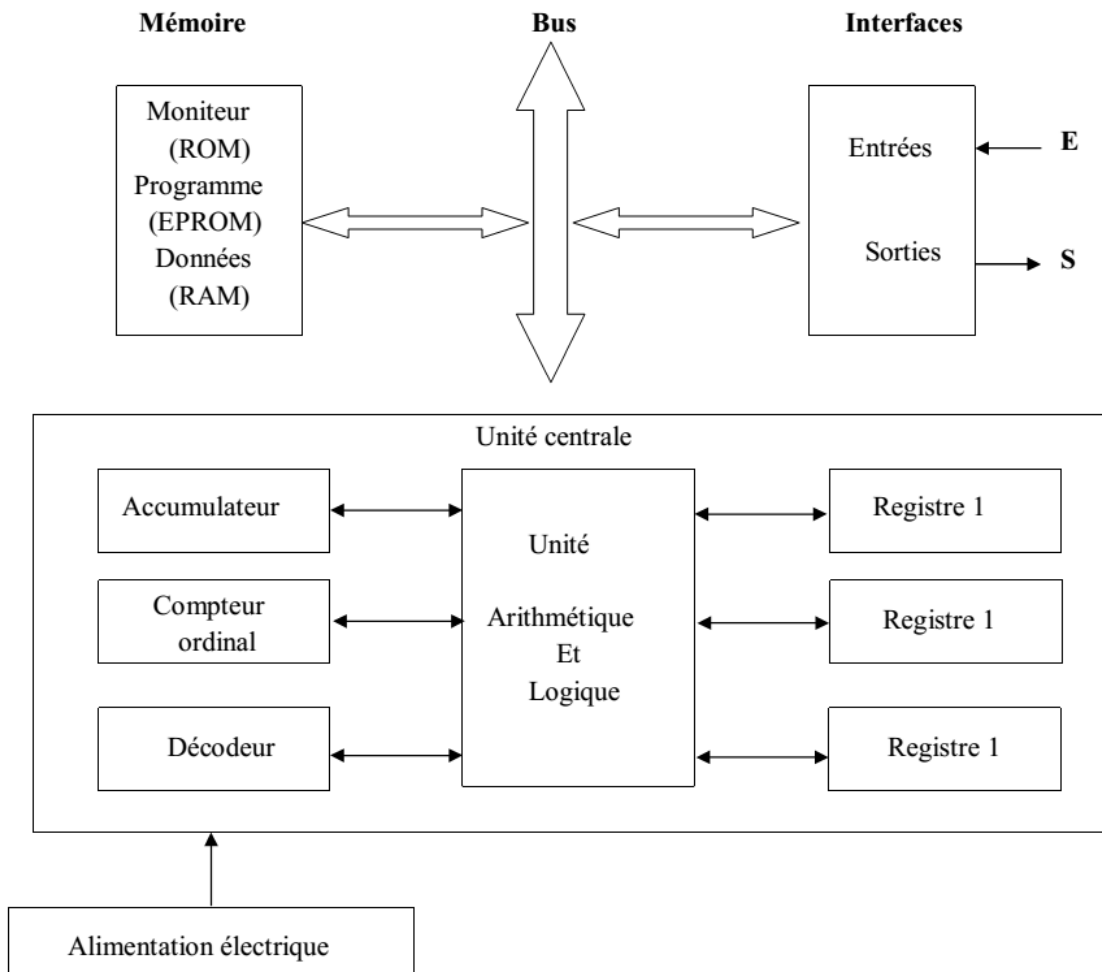
Le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées / sorties résident dans des unités séparées (modules) et sont fixées sur un ou plusieurs racks contenant le "fond de panier" (bus plus connecteurs).

Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes où puissance, capacité de traitement et flexibilité sont nécessaires. [12]



**Fig (II.2):** API type modulaire Schneider (Zelio) et Siemens (LOGO)

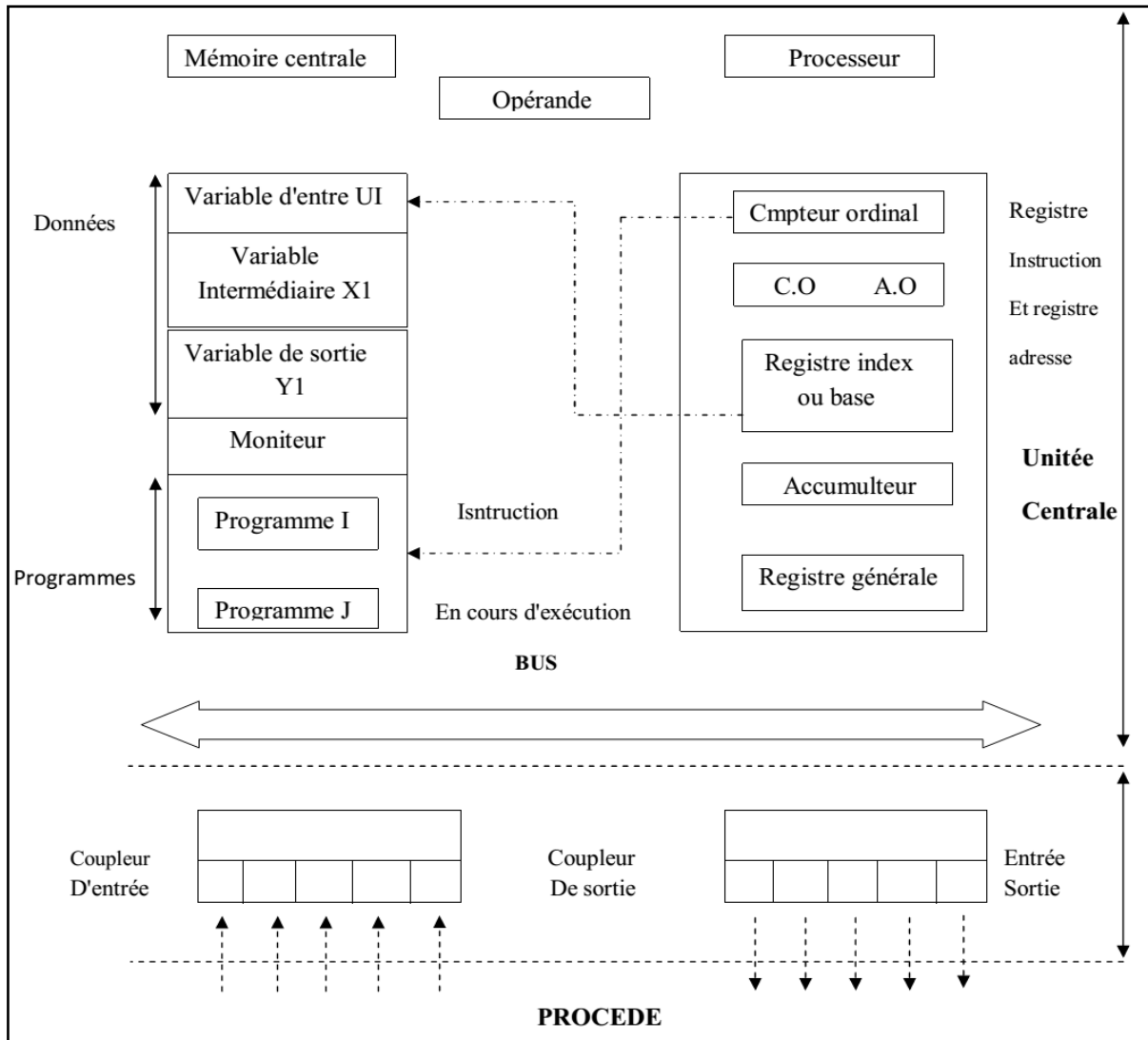
**II.4.2. Structure interne des automates programmables :**



**Fig (II.3):**Structure interne de l’API

**II.4.2.1. L’unité centrale :**

C’est l’ensemble des dispositifs nécessaire en fonctionnement logique interne de l’API, c’est le cœur à automate base de microprocesseur, elle réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation ...).



**Fig (II.4):** Architecteur de l'unité centrale [14]

**Processeur :**

Cœur de l'appareil, dans l'unité central, ce n'est sans doute pas, paradoxalement, Le point le plus caractéristique, mais il conditionne tout de même largement les performances. [9]

Les premières API étaient équipées de processeurs spécifiques, à cycle de scrutation unique : on exécutait en permanence un programme gérant essentiellement des variables Binaires. On est passé ensuite à des processeurs plus performants, issus du monde de l'informatique. Cette évolution a permis de baisser les coûts, d'accroître les possibilités opérationnelles. Les processeurs <généralistes> étant toutefois ponctuellement moins efficaces que les spécialisés, on peut penser que c'est aussi une des raisons pour laquelle les progrès(en temps de calcul par exemple) sur un ensemble

d'opérations de base ont été moins spectaculaires qu'en informatique générale, avec une conséquence heureuse pour les utilisateurs : une longévité supérieure du matériel. Des progrès importants ont été accomplis sur d'autres points, sur lesquels nous reviendrons.

L'unité central UC est une carte électronique bâtie autour de la (ou des) « puce(s) » processeur(s), qui assure au moins les fonctions suivantes :

- ✓ opérations logique sur bits (le bit, contraction de « binary digit », étant l'information élémentaire à deux états) ou sur mots (ensemble de bits, le plus souvent 16 pour les API) ;
- ✓ temporisation et comptage.

Il existe trois technologies de réalisation :

- ✓ la technologie câblée, la plus rapide mais aussi la plus coûteuse, réservée à des usages particuliers;
- ✓ la technologie à microprocesseur, la plus économique dès lors que l'on utilise un microprocesseur standard produit en grand série ;
- ✓ la technologie mixte, certaine opération étant réalisée en câble pour en accroître la rapidité.

#### **II.4.2.2. Module d'alimentation :**

Il assure la distribution d'énergie aux différents modules.

#### **II.4.2.3. Le bus interne :**

Il permet la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions, [15].

#### **II.4.2.4. Mémoires :**

Elles permettent de stocker le système d'exploitation (ROM ou PROM), le programme (EEPROM) et les données système lors du fonctionnement (RAM). Cette dernière est généralement secourue par pile ou batterie. On peut, en règle générale, augmenter la capacité mémoire par adjonction de barrettes mémoires type PCMCIAA l'intérieur de l'automate il y a un bloc d'alimentation fournissant les différentes tensions nécessaires aussi bien à la logique de commande (5 V à  $\pm 15$  V) qu'aux entrées sorties (24 V à 220 V). La tension normalisée la plus courante est de 24 V (alternatif ou continu).

Généralement l'alimentation des capteurs est fournie par l'API (en 24 V) alors que celle des prés actionneurs est fournie par une alimentation externe. En courant continu, la tension des signaux de sortie de l'API sont de l'ordre de 24, 48 ou 110 V, alors que l'intensité du courant varie entre 0.5 et 2A. En Alternatif 50HZ, elles peuvent aller jusqu'à 220 V et 5A respectivement,[16].

#### II.4.2.5. Interface d'entrees/sorties (E/S):

Ils assurent le rôle d'interface de la partie commande (PC) dans le schéma classique de la figure 3, qui distingue une partie opérative, où les actionneurs agissent physiquement sur le processus, et une partie commande récupérant les informations sur l'état de ce processus et coordonnant en conséquence les actions pour atteindre les objectifs prescrits (matérialisés par des consignes). [9]

Pour ce faire, ils doivent :

- ✓ regrouper des variables de même nature, pour diminuer complexité et coût ;
- ✓ assurer le dialogue avec l'U C ;
- ✓ « traduire » les signaux industriels en informations API et réciproquement, avec une protection de l'UC et un traitement adéquats. Beaucoup d'automates assurent cet interfaçage par des modules amovibles comportant un nombre fixé de voies d'un certain type
- ✓ Alimentation électrique.

✚ **Exemple :** on pourra trouver un module « 16 entrées TOR 220 V alternatif ». [5]

- ✓ **Interface d'entrée :** elle permet de recevoir les informations du S.A.P. ou du pupitre et de mettre en forme (filtrage,...) ce signal tout en l'isolant électriquement, [5].
- ✓ **Interfaces de sortie :** elle permet de commander les divers prés actionneurs et éléments de signalisation du S.A.P. tout en assurant l'isolement électrique [5].



## II.6. Langages de la programmation :

Il y a cinq langages de programmation principaux : [9].

- ✓ Sequential Function Chart (SFC) ou GRAFCET pour les opérations de haut niveau
- ✓ Function Block Diagram (FBD) ou logigramme pour les opérations cycliques complexes
- ✓ Ladder Diagram (LD) ou schéma à contacts pour les opérations cycliques booléennes
- ✓ Structured Text (ST) pour les opérations cycliques ;
- ✓ Instruction List (IL) pour les opérations de bas niveau.

### II.6.1. Programmation à l'aide du GRAFCET (SFC: Sequential Function Chart) :

Le langage SFC (Sequential Function Chart), ou GRAFCET, est un langage graphique utilisé pour décrire les opérations séquentielles. Le procédé est représenté comme une suite connue d'étapes (états stables), reliées entre elles par des transitions. Une condition booléenne est attachée à chaque transition.

Les actions dans les étapes sont décrites avec les langages ST, IL, LD ou FBD (figI.10), [17].

#### ✚ Structure de base :

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

#### ✓ Divergence et convergence en ET :

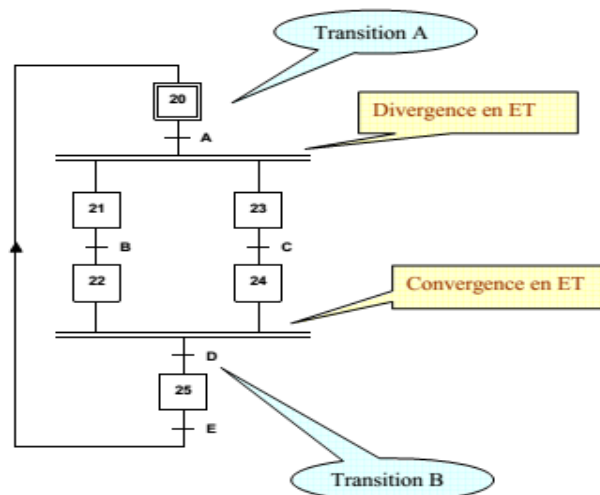
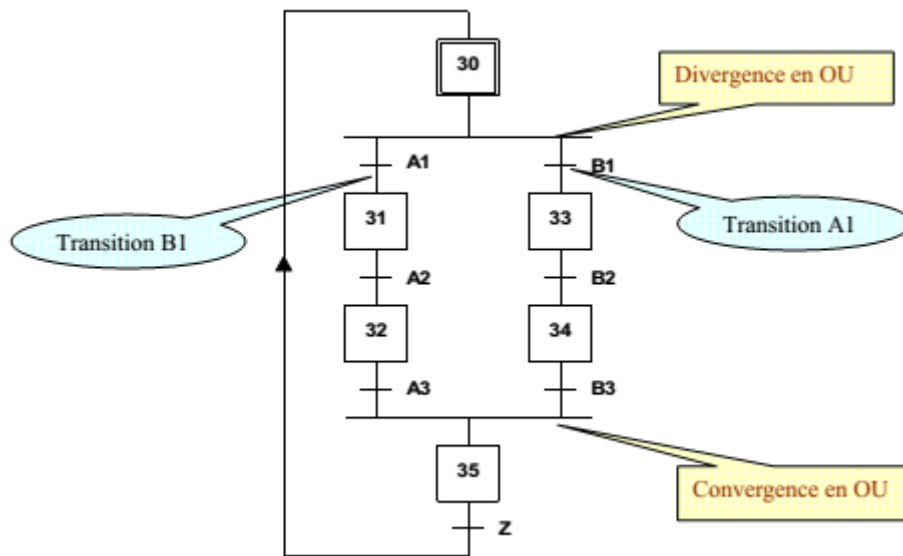


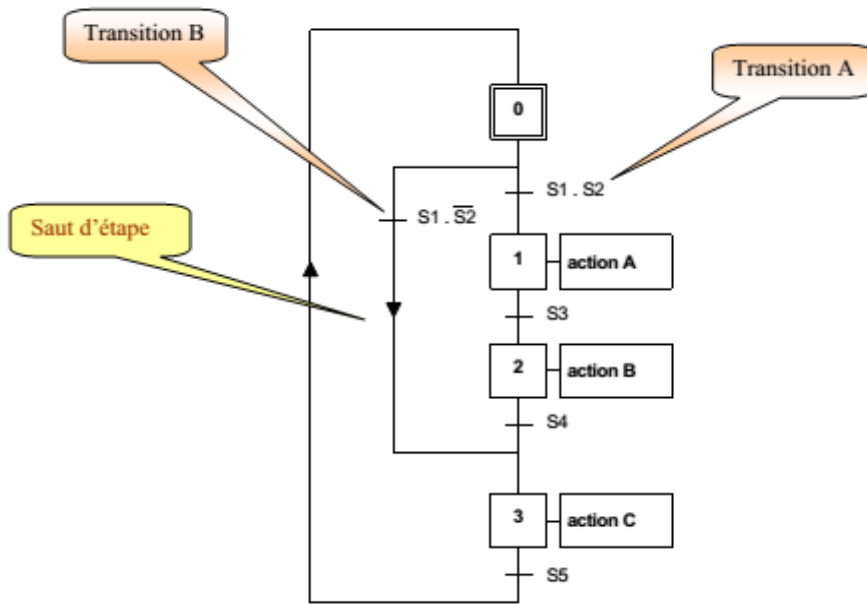
Fig (II.6): Grafcet Divergence et convergence en ET

- **Divergence en ET** : représentation par 2 trait identique et parallèle ; lorsque la transition A est franchie les étapes 21 et 23 sont actives.
  - **Convergence en ET** : La transition D sera active lorsque les étapes 22 et 24 seront actives, si la réceptivité associé à la transition D est vraie alors elle est franchie et l'étape 25 devient active et désactive les étapes 22 et 24. Le nombre de branche peut être supérieur à 2, après une divergence en ET on trouve une convergence en ET.
- ✓ **Divergence et convergence en OU (aiguillage).**



**Fig (II.7):** Grafcet Divergence et convergence en OU

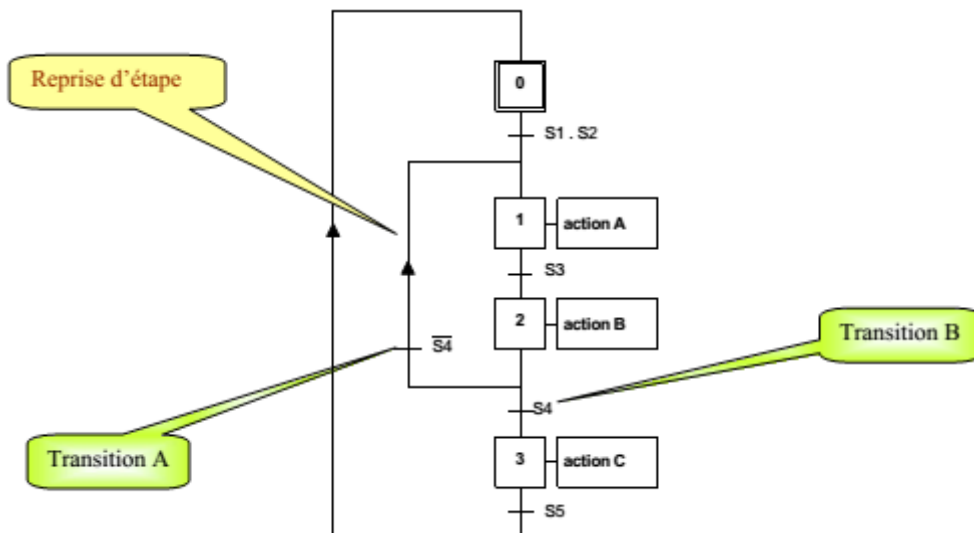
- **Divergence en OU** : l'évolution du système se dirige vers une des branches en fonction des réceptivités A1, B1 et de leurs transitions associées.
  - **Convergence en OU** : Après une divergence en OU on trouve une convergence en OU vers une étape commune dans l'exemple l'étape 35. Le nombre de branche peut être supérieur à 2, A1 et B1 ne peuvent pas être vrais simultanément.
- ✓ **Saut d'étape** : Le saut d'étape permet de sauter une ou plusieurs étapes en fonction de la progression d'un cycle.



**Fig (II.8):** Grafcet Saut d'étape

Sur le Grafcet ci-dessus après l'étape initiale 0 un choix entre 2 transitions A et B s'effectue ; La transition A associé à sa réceptivité nous permet de continuer le cycle sur l'étape 1, La transition B associé à sa réceptivité nous permet de passer à l'étape 3, les étapes 1 et 2 sont ignorées lors du cycle.

- ✓ **Reprise d'étape :** La reprise d'étape permet de ne pas continuer le cycle mais de reprendre une séquence précédente lorsque les actions à réaliser sont répétitives.



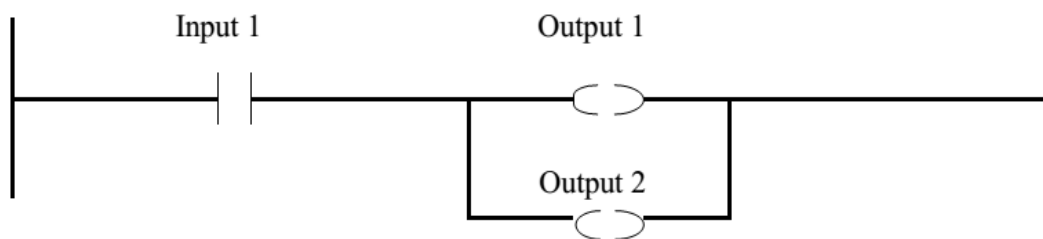
**Fig (II.9):** Grafcet Reprise d'étape

Sur le Grafcet ci-dessus après l'étape 2 un choix entre 2 transitions A et B s'effectue ; La transition A associée à sa réceptivité nous permet de reprendre le cycle sur l'étape 1, La transition B associée à sa réceptivité nous permet de passer à l'étape 3.

On peut également traduire un Grafcet en langage en contacts et l'implanter surtout type d'automate. Il existe d'autres langages de programmation des automates qui sont normalisés au plan mondial par la norme CEI 61131-3.[19]

### II.6.2. Langage à contacts (LD : Ladder Diagramme) :

Le langage LD (ladder diagramme) est une représentation graphique d'équations booléennes combinant des contacts (en entrée) et des relais (en sortie). Il permet la manipulation de données booléennes, à l'aide de symboles graphiques organisés dans un diagramme comme les éléments d'un schéma électrique à contacts. Les diagrammes LD sont limités à gauche et à droite par des barres d'alimentation. Il est développé pour les électriciens. Il utilise les symboles tels que : contacts, relais et blocs fonctionnels et s'organise en réseaux (labels).[20]

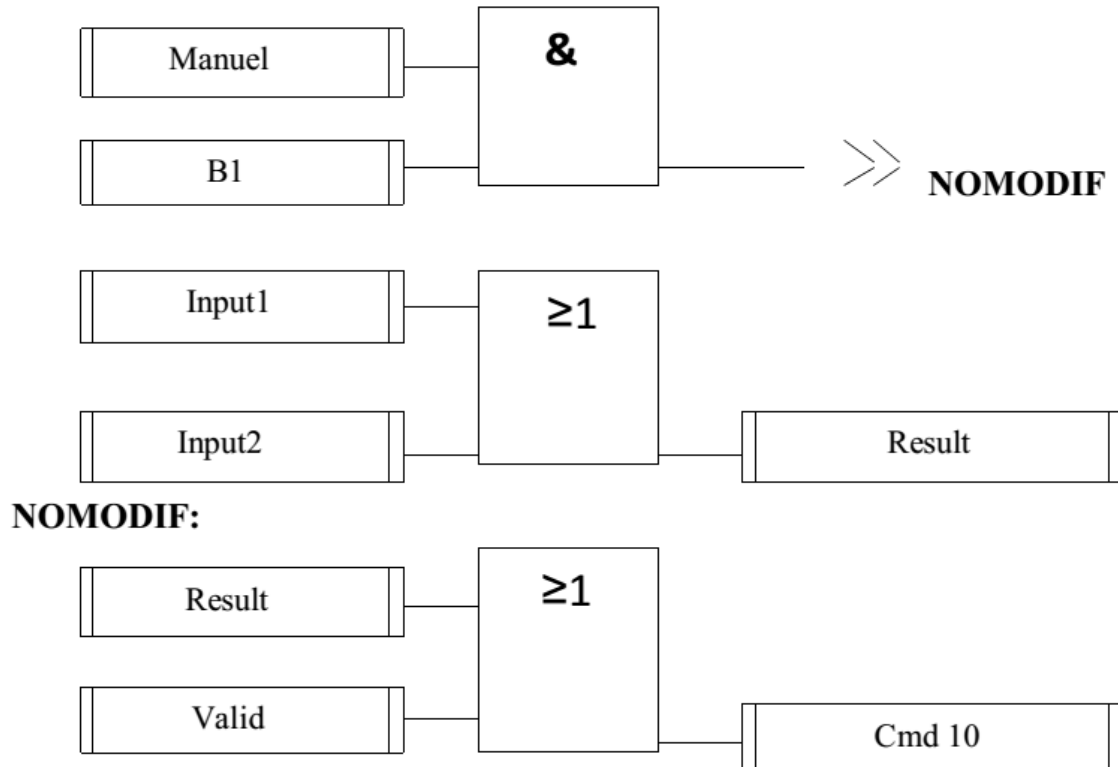


**Fig (II.10):** Exemple Programme LD avec de liaison multiple à droite.

### II.6.3. Langage Blocs Fonctionnels (FBD : Function Bloc Diagram) :

Le langage FBD (function block diagram) est un langage graphique où des fonctions sont représentées par des rectangles avec les entrées à gauche et les sorties à droites.

Les blocs sont programmés (bibliothèque) ou programmables. Utilisé par les automaticiens



**Fig (II.11):** Exemple Programme FBD avec de saut et d'étiquette [12].

#### II.6.4. Langage ST :

Le langage ST (structuredtext) est un langage textuel de haut niveau dédié aux applications d'automatisation. Ce langage est principalement utilisé pour décrire les procédures complexes, difficilement modélisables avec les langages graphiques. C'est le langage par défaut pour la programmation des actions dans les étapes et des conditions associées aux transitions du langage SFC.

**Q: =false;**

**CV: =0**

**RETURN ;(\*fin du programme\*)**

**End if;**

**If RESET then**

**CV: =0;**

**Else**

```

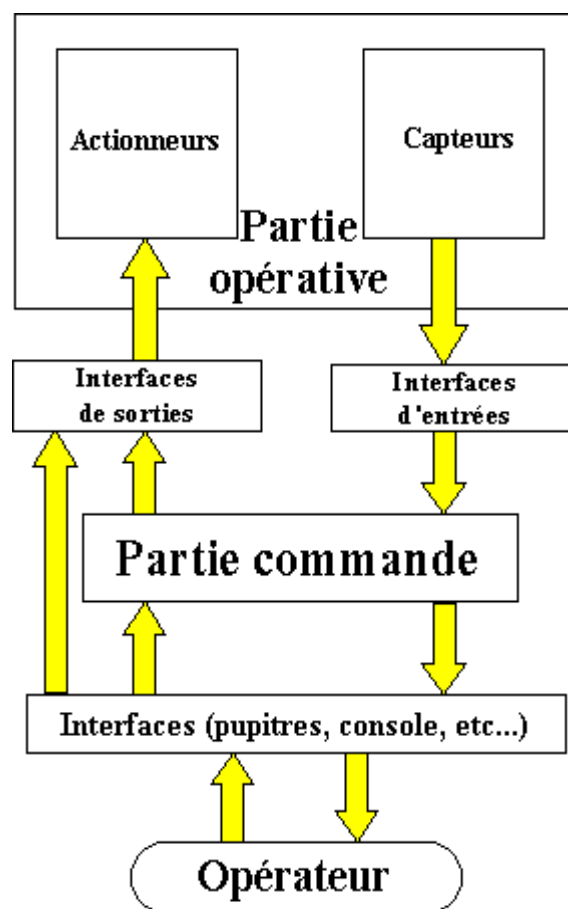
If (CV<PV) then
  CV: = CV+1;
End if;
End if;
  Q: = (CV>=PV);

```

**Fig (II.12):** Exemple Programme ST 12].

## II.7. L'environnement de l'API

Pour conduire sa mission vis-à-vis d'un procédé, un API doit disposer des liaisons connectée Temporairement ou non, directement ou non, à l'API. Ces dispositifs peuvent être, par exemple, les périphériques et les auxiliaires des API (l'imprimante, les mémoires de masse...), les consoles d'exploitation, etc.... [9].



**Fig (II.13):** Structure d'un système automatisée

## II.8. Critères de choix d'un automate :

Le choix d'un automate programmable est basé sur plusieurs points, nous citons :

- ✓ Le personnel de maintenance et le logiciel de programmation (achat du logiciel et formation du personnel).
- ✓ Nombre d'entrées /sorties.
- ✓ Type de processeur : la taille mémoire, la vitesse de traitement et les fonctions spéciales offertes par le processeur permettant le choix dans la gamme souvent très étendue.
- ✓ Fonctions ou modules spéciaux : certaines cartes permettront de soulager le processeur et devront offrir les caractéristiques souhaitées (résolution,...).
- ✓ 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, Ethernet...).[21]

## II.9. Les avantages les inconvénients :

### **Avantage :**

- ✓ Améliorer les conditions de travail en éliminant les travaux répétitifs et les tâches pénibles.
- ✓ Améliorer la productivité en augmentant la production.
- ✓ Amélioration de la qualité des produits et réduction des coûts de production.
- ✓ Les automates programmables sont facilement programmables et ont un langage de programmation facile à comprendre alors la modification du programme est facile par rapport à la logique câblée.
- ✓ Simplification du câblage.
- ✓ Augmenter la sécurité en effectuant les tâches dangereuses.
- ✓ La précision.
- ✓ La flexibilité (une machine peut s'adapter à plusieurs productions).
- ✓ Possibilité de communication avec l'extérieur (ordinateur, autre API).
- ✓ Plus économique. [21]

### **Inconvénients**

- ✓ Plantage.

- ✓ Il y a trop de travail requis dans les fils de connexion.
- ✓ Besoin de formation d'un personnel plus qualifié.
- ✓ Incidence sur l'emploi (licenciement – chômage).
- ✓ Une importante consommation d'énergie.

**II.10. Conclusion :**

L'automate programmable industriel a fait un bond en avant dans le domaine du contrôle de sorte que la plupart des fonctions industrielles opèrent sous le contrôle de cet élément. Dans ce chapitre, nous avons expliqué en détail ses propriétés, ses types, tous ses composés et ses méthodes de programmation.

**Chapitre(III) :**

**Applicacation et simulation**

**de l'API Schneider Zelio**

**soft2**

### III.1. Introduction

Notre domaine électromécanique est l'un des domaines techniques les plus importants, nous effectuons donc de nombreuses recherches et études qui nous aident dans de nombreux projets et travaux. Parmi nos travaux, à la fin de l'étude, nous avons mis en place un projet de mise à niveau et de modernisation du système d'irrigation à pivot central. Le but de nos études est de contrôler deux pivots reliés à une pompe. L'irrigation se fait successivement pour chaque pivot pour que le premier axe fonctionne, et au bout de 4 heures le deuxième pivot fonctionne, et cela coûte à l'agriculteur de retourner dans sa ferme pour faire la bascule entre les deux pivots

Nous avons réalisé une technique qui le raccourcit en effectuant ce processus sans retourner à la ferme et ce processus est automatique de sorte que nous installons un dispositif API sur le circuit de contrôle à son tour qui contrôle la synchronisation et le séquençage du fonctionnement des pivots d'irrigation à l'aide d'une programmation spéciale (Ladder)

### III.2. Historique sur le Pivot d'irrigation traditionnel en El Oued :

Depuis les années 2000, la région de Souf (El Oued) a connu un impressionnant développement agricole. Cette dynamique agricole est liée au développement de cultures maraîchères de pleins champs, pomme de terre avec le début d'essor de la tomate, essentiellement porté sur les terres de mise en valeur agricole relevant formellement du domaine privé de l'Etat.

El Oued est le premier fournisseur de marché nationale en pomme de terre.

L'introduction de ces cultures irriguées dans ces zones a transformé les terres désertiques en un nouvel Eldorado agricole.



**Fig (III.1) :** Pivot d'irrigation

### III.3. Généralité sur les modules Zelio Logic Schneider:

#### III.3.1. Présentation:

Les modules Zelio Logic sont destinés à la réalisation de petits équipements d'automatisme, ils sont utilisés dans les secteurs d'activité de l'industrie et du tertiaire.

✓ **Pour l'industrie:**

- Automatismes de petites machines définition, de confection, d'assemblage ou d'emballage,
- Petits équipements d'automatisme fonctionnant à ~ 48V (application de levage,...),
- automatismes décentralisés sur les annexes de grosses et moyennes machines (domaines du textile, du plastique, de la transformation de matériaux,...),
- automatismes pour machines agricoles (irrigation, pompage, serre,...).

✓ **Pour le tertiaire/bâtiment:**

- automatismes de barrières, de volets roulants, de contrôle d'accès,
- automatismes d'éclairage,
- automatismes de compresseurs et de climatisation,
- .....

Leur compacité et leur facilité de mise en œuvre en font une alternative compétitive Aux solutions à base de logique câblée ou de cartes spécifiques.

#### III.3.2. Programmation:

La simplicité de leur programmation, soutenue par l'universalité des langages, satisfait aux exigences de l'automaticien et répond aux attentes de l'électricien.

La programmation peut être effectuée:

- ✓ de façon autonome en utilisant le clavier du module Zelio Logic (langage à contacts),
- ✓ sur PC avec le logiciel "Zelio Soft2".

Sur PC, la programmation peut être réalisée soit en langage à contacts (LADDER), soit en langage blocs fonctions (FBD).

Le rétroéclairage de l'afficheur LCD se fait par l'activation de l'une des 6 touches de

programmation du module Zelio Logic ou par programmation à l'aide du logiciel "ZelioSoft2" (exemple: clignotement lors du diagnostic d'un dysfonctionnement).

L'autonomie de l'horloge est de 10 ans, grâce à une pile lithium.

La sauvegarde des données (valeurs de présélection et valeurs courantes) est Garantie par une mémoire Flash EEPROM (durant toute la vie du module).

### III.3.3. Types de module Zelio logiques de Schneider:

#### III.3.3.1. Modules logiques compacts:

Les modules logiques compacts répondent aux besoins d'automatismes simples, les entrées/sorties sont au nombre de:

- ✓ 12 ou 20 E/S, alimentées en Alt 24 V ou DC 12V,
- ✓ 20 E/S, alimentées en AC 48V,
- ✓ 0,12 ou 20 E/S, alimentées en AC 100...240 V ou DC 24V
- ✓ .....



Fig (III.2) : Module Zelio Logic compact

#### III.3.3.2. Modules logiques modulaires:

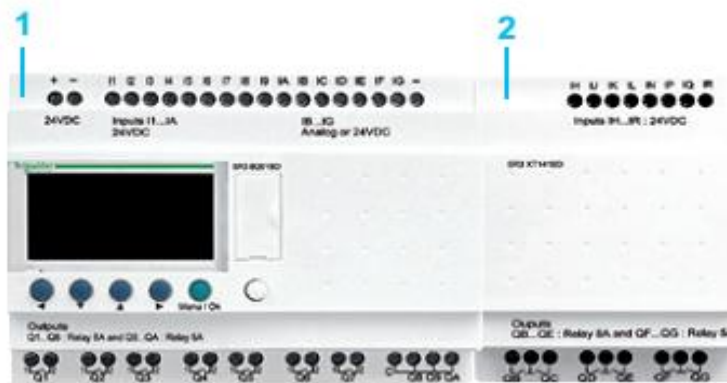
Les entrées/sorties pour les modules logiques modulaires sont au nombre de:

- ✓ 26 E/S, alimentées en DC12V,
- ✓ 10 ou 26 E/S, alimentées en Alt 24V, AC 100...240V ou DC 24V

Pour plus de performance et de flexibilité, les modules Zelio Logic modulaires peuvent

recevoir des extensions afin d'obtenir un maximum de 40 E/S:

- ✓ Extensions de communication réseau liaison série Modbus ou Ethernet Modbus/ TCP, alimentées en DC 24V par le module Zelio Logic de même tension.
- ✓ extension d'entrées/sorties analogiques avec 4 E/S, alimentée en DC 24 V par le module Zelio Logic de même tension,
- ✓ extensions d'entrées/sorties TOR avec 6,10, ou 14E/S, alimentées par le module Zelio Logic de même tension.



- 1 Module Zelio Logic modulaire (10 ou 26 E/S)
- 2 Extension entrées/sorties TOR (6,10 ou 14 E/S) ou analogiques (4E/S)

Fig (III.3) : Module Zelio Logic modulaire avec Extension entrées/sorties TOR



- 1 Module Zelio Logic modulaire (10 ou 26 E/S)
- 2 Extensions de communication réseau liaison série Modbus ou Ethernet Modbus/TCP
- 3 Extension d'entrées/sorties TOR (6,10 ou14 E/S) ou analogiques (4E/S)

**Fig (III.4) :** Module Zelio Logic modulaire avec Extension entrées/sorties TOR et Ethernet Modbus/TCP

### III.3.4. Langages de la programmation Zelio Logic Schneider:

#### III.3.4.1. Langage à contacts (LADDER):

##### **Definitions:**

Le langage à contacts permet d'écrire un programme LADDER avec des fonctions élémentaires, des blocs fonctionnels élémentaires et des blocs fonctionnels dérivés, ainsi qu'avec des contacts, des bobines et des variables.

Les contacts et les bobines peuvent être commentés. Du texte peut être inséré librement sur le graphique.

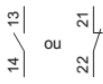







##### **Modes de saisie des schémas de commande :**

Le mode "saisie Zelio" permet à l'utilisateur ayant programmé directement sur le produit Zelio Logic de retrouver la même ergonomie, à la première prise en main du logiciel.

Le mode "saisie Ladder", plus intuitif, apporte à l'utilisateur un grand confort d'utilisation et de nombreuses fonctionnalités supplémentaires.

En langage de programmation LADDER, 2 types d'utilisation sont possibles :

- ✓ symboles LADDER,
- ✓ Symboles électrique.

Fonctions			
Fonction	Schéma électrique	Langage LADDER	Commentaire
Contact			<p>I correspond à l'image réelle du contact câblé sur l'entrée du module. i correspond à l'image inverse du contact câblé sur l'entrée du module.</p>
Bobine classique			<p>La bobine est excitée lorsque les contacts auxquels elle est reliée sont passants.</p>
Bobine à accrochage (Set)			<p>La bobine est excitée lorsque les contacts auxquels elle est reliée sont passants. Elle reste enclenchée lorsque les contacts ne sont plus passants.</p>
Bobine de décrochage (Reset)			<p>La bobine est désexcitée lorsque les contacts auxquels elle est reliée sont passants. Elle reste inactivée lorsque les contacts ne sont plus passants.</p>

**Tableau (III.1) :** symboles LADDER et Symboles électrique

Le mode “saisie Ladder” permet aussi la création de mnémoniques et de commentaires associés à chaque ligne de programme.

Le passage d’un mode de saisie à l’autre est possible à tout instant, par un simple clic de souris.

Il est possible de programmer jusqu’à 240 lignes de schémas de commande, avec 5 contacts et 1 bobine par ligne de programmation.

#### Fonctionnalités :

- ✓ 16 blocs fonctions Textes,
- ✓ 28 temporisateurs, chacun paramétrable parmi 11 types différents (1/10ème de secondes à 9999 heures),
- ✓ 28 compteurs/décompteurs de 0 à 32767,
- ✓ 1 compteur rapide (1 kHz),
- ✓ 16 comparateurs analogiques,
- ✓ 8 horloges, disposant chacune de 4 canaux,
- ✓ 56 relais auxiliaires,
- ✓ 8 comparateurs de compteurs,
- ✓ écran LCD avec rétroéclairage programmable,
- ✓ passage automatique heure d’été/heure d’hiver,
- ✓ diversité des fonctions : bobine à mémoire (Set/Reset), télérupteur, contacteur,
- ✓ 28 blocs messages (avec Interface de communication modem).

### III.3.4.2. Langage blocs fonctions (FBD / Grafcet SFC / Fonctions logiques) :

Le langage FBD permet une programmation graphique basée sur l'utilisation de blocs fonctionnels prédéfinis, il propose l'utilisation de :

- ✓ 35 fonctions préprogrammées pour le comptage, la temporisation, la minuterie, la définition de seuil de commutation, (exemple : régulation de température), la génération d'impulsion, la programmation horaire, le multiplexage, l'affichage,
- ✓ 7 fonctions SFC,
- ✓ 6 fonctions logiques

### III.3.5. Communication

Les outils de programmation permettent de connecter le module Zelio Logic au PC équipé du logiciel "ZelioSoft2":

- ✓ **Liaison par cables:**

Câble **SR2USB01** sur port USB ou Câble **SR2CBL01** sur port série 9 contacts



**Fig (III.5): Câble SR2USB01**

✓ **Liaison sans fil:**

Interface Bluetooth **SR2BTC01**



**Fig (III.6) :** Interface Bluetooth **SR2BTC01**

✓ **Cartouche mémoires:**

Le module Zelio Logic peut recevoir une cartouche mémoire de sauvegarde qui permet de dupliquer le programme dans un autre module Zelio Logic (chargement et mise à jour du logiciel embarqué uniquement avec la cartouche mémoire **SR2MEM02**).

La cartouche mémoire permet aussi d'effectuer une sauvegarde du programme en prévision d'un remplacement du produit.

Lorsqu'elle est associée à un module sans afficheur et sans touches, la copie du programme contenu dans la cartouche est automatiquement transférée dans le module Zelio Logic à la mise sous tension.



**Fig (III.7) :** cartouche mémoire **SR2MEM02**.

✓ **Extensions de communication réseau Liaison série Modbus et Ethernet Modbus/TCP :**

Les modules d'extension de communication réseau Liaison série Modbus et Ethernet Modbus / TCP permettent une connection aux équipements d'automatismes tels que des afficheurs ou des automates programmables.

### III.3.6. Détail produit :

Zelio Logic vous présente un monde de relais intelligents simplifiés utilisés pour les systèmes de contrôle allant de 10 à 40 E/S. Compact, le module fonctionne via des signaux d'entrée et de sortie. Les modules logiques Zelio vous permettent de contrôler et de surveiller pleinement vos installations, à distance ou sur site. Programmez facilement le logiciel à l'aide des boutons situés à l'avant du module.

### III.3.7. Caractéristiques et les avantages:

- ✓ Interface facilement programmable, à l'aide de boutons simples situés à l'avant du relais. Programme via Windows PC, en utilisant la langue LADDER ou le langage FBD (Function Block Diagram Langage).
- ✓ 6 à 10 sorties et 4 à 10 entrées (selon le modèle) vous permettant une polyvalence dans le nombre de périphériques autonomes auxquels vous avez besoin pour l'entrée/la sortie.
- ✓ Écran de rétroéclairage LCD pour une accessibilité plus facile.
- ✓ Faible consommation d'énergie avec une tension d'alimentation généreuse allant de 12 V DC à 24 V DC (voir les spécifications pour la tension spécifique au modèle).
- ✓ Horloge en temps réel intégrée à l'appareil, parfaite pour une surveillance plus efficace des fonctions du module.
- ✓ Montage sur rail DIN ou sur panneau avec bornes à vis selon vos besoins.
- ✓ Sauvegarde de 10 ans avec mémoire EEPROM.
- ✓ Rentable dans la réduction de l'espace nécessaire avec les modèles compacts vs. Autres modules de base.

### III.3.8. Applications - où puis-je l'utiliser

Les modules logiques sont utiles lorsque vous devez effectuer un processus sans intervention humaine, la liste n'est donc pas limitée. Les modules logiques peuvent même être connectés à d'autres modules logiques, par exemple. Ci-dessous vous trouverez quelques applications typiques:

- ✓ Systèmes de contrôle pour les machines plus petites
- ✓ Gestion de l'éclairage
- ✓ Commandes de chauffage et de climatisation

### III.3.9. Relais intelligent Zelio Logic 2 de Schneider Electric – Informations supplémentaires :

Schneider Electric propose une nouvelle génération de relais intelligents extensibles, présentant des avantages substantiels en matière de flexibilité et de fonctionnalité. Le relais intelligent Zelio Logic 2 est une solution optimale pour contrôler des tâches telles qu'automatisation de petites machines industrielles, éclairage, HVAC ainsi que contrôle d'accès dans les bâtiments. Avec son encombrement réduit, sa programmation simple, ses fonctions de commande puissantes et la possibilité de changer ou de modifier le programme en cas de modification des exigences de l'application, il permet de réaliser de grandes économies, aussi bien de place que d'argent, par rapport aux autres produits. Deux nouvelles séries au choix - Compacte et Modulaire. La série Compacte n'est pas extensible et elle est disponible avec les dimensions de bloc E/S suivantes : 10 E/S, 12 E/S et 20 E/S. La série Modulaire est disponible avec des unités de base à 10 et 26 E/S et elle est extensible jusqu'à 40 E/S avec cette dernière. Outre cette flexibilité, les deux nouvelles séries sont programmables en utilisant les langages de programmation FBD, Ladder et Grafcet SFC. Conception conviviale pour une programmation et une utilisation faciles, directement à partir du module en utilisant les boutons de navigation ou via un logiciel Windows.

### III.4. Application et simulation de l'API Zelio Schneider (SR3B101FU):

#### III.4.1. Matériel utilisé:

 API (SR3B101FU)



**Fig (III.8) :** API (SR3B101FU)

Affichage local	Avec
Nombre de lignes de schéma de contrôle	0...500 avec FBD programmation 0...240 avec Ladder programmation
tension d'alimentation	100...240 V
Fréquence d'alimentation	50/60 Hz
Horloge	Avec
Nombre entrées TOR	6
Nombre de sorties	4

**Tableau (III.2) :** Quelques caractéristiques API (SR3B101FU)

#### **✚ Interrupteur sectionneur bipolaire:**

L'interrupteur sectionneur c'est la combinaison entre un interrupteur et un sectionneur : il possède les deux capacités: séparation d'un circuit avec capacité de manœuvrer en charge.



**Fig (III.9) :** Interrupteur sectionneur bipolaire

#### **✚ Le contacteur triphasé :**

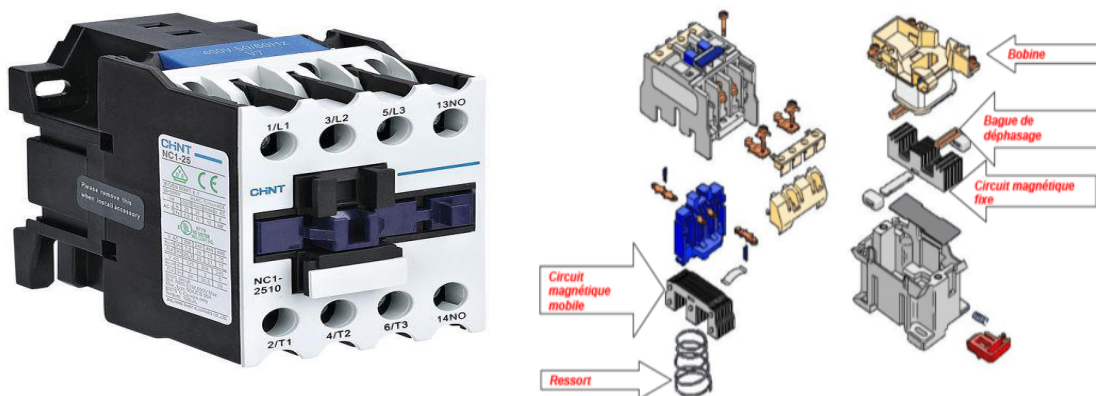
Le contacteur est un relais électromagnétique qui permet grâce à des contacts (pôles) de puissance d'assurer le fonctionnement de moteurs, de résistances ou d'autres récepteurs de fortes puissances.

Suivant le modèle, il possède aussi des contacts auxiliaires intégrés ouverts ou fermés, il est possible d'ajouter des additifs ou blocs auxiliaires servant

uniquement pour la télécommande ou la signalisation.

### ✓ Constitution d'un contacteur

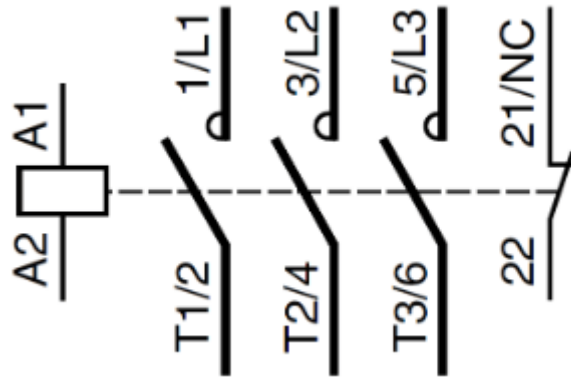
- Une Bobine.
- Un ressort de rappel.
- De 2 à 4 contacts de puissance ou pôles (unipolaires, bipolaires, tripolaires, tétrapolaires).
- Un circuit magnétique constitué d'un aimant fixe et d'un aimant mobile (armature fixe et mobile).
- Une bague de déphasage qui stabilise les vibrations des bobines alimentées en courant alternatif.
- Des contacts auxiliaires ouverts ou fermés.



**Fig (III.10) : Le contacteur et leur Constitution**

### ✓ Principe de Fonctionnement d'un contacteur

La bobine du contacteur (bornes A1-A2), peut-être alimentée en courant alternatif ou en courant continu (24V, 48V, 110V, 230V, 400 V). Lorsque la bobine est alimentée, un champ magnétique se forme, la partie mobile de l'armature est attirée contre la partie fixe et les contacts se ferment (ou s'ouvrent suivant le modèle). Lorsque la bobine n'est pas alimentée, le ressort de rappel sépare les deux parties de l'armature et maintient les contacts de puissance ouverts(ou fermés).



**Fig (III.11) :** Principe de Fonctionnement d'un contacteur

✓ **Principaux critères de choix d'un contacteur**

- La tension de commande de la bobine du contacteur.
- La tension d'alimentation du récepteur.
- Nombre de contacts de puissances (1, 2, 3,4).
- La puissance consommée par le récepteur.
- Pouvoir de coupure, courant maximal que le contacteur peut supporter.

✓ **Catégories des contacteurs**

Catégories		Application
Alimentation en courant Alternatif	AC1	Résistance
	AC2	Moteur à bagues calé
	AC2	Moteur à bagues lancé
	AC3	Moteur à cage lancé
	AC4	Moteur à cage calé

**Tableau (III.3) :** Catégories des contacteurs

### **Moteur asynchrone :**

Le moteur asynchrone est le moteur le plus utilisé dans l'industrie. Il est peu coûteux, on le fabrique en grande série. Il est robuste et son entretien est très limité. Il est sûr : son fonctionnement ne génère pas d'étincelles à la différence d'un moteur à courant continu. Ce type de moteur équipe la quasi totalité des machines-outils classiques (tours, fraiseuses, bobineuses, tapis roulants, pompes, compresseurs, perceuses,...).on distingue deux grande type :

#### ✓ **Le moteur asynchrone à rotor bobiné :**

Dans un moteur à rotor bobiné on retrouve 3 enroulements (bobines) en périphérie du rotor qui sont reliés à des bagues. Sur ces bagues viennent frotter des balais qui vont alimenter le rotor.

Le moteur bobiné est utilisé pour des applications qui demandent un fort couple au démarrage et beaucoup de puissance (ex : l'industrie minière). Ce type de moteur offre la possibilité de diminuer ou augmenter la résistance du rotor.

Cependant, le moteur bobiné est de moins en moins utilisé. L'obsolescence de ce type de moteur triphasé est due à l'utilisation croissante des variateurs de fréquence. De plus, le moteur à rotor bobiné a des coûts de maintenance plus élevés que ceux d'un rotor à cage, notamment à cause du renouvellement des balais d'alimentation.

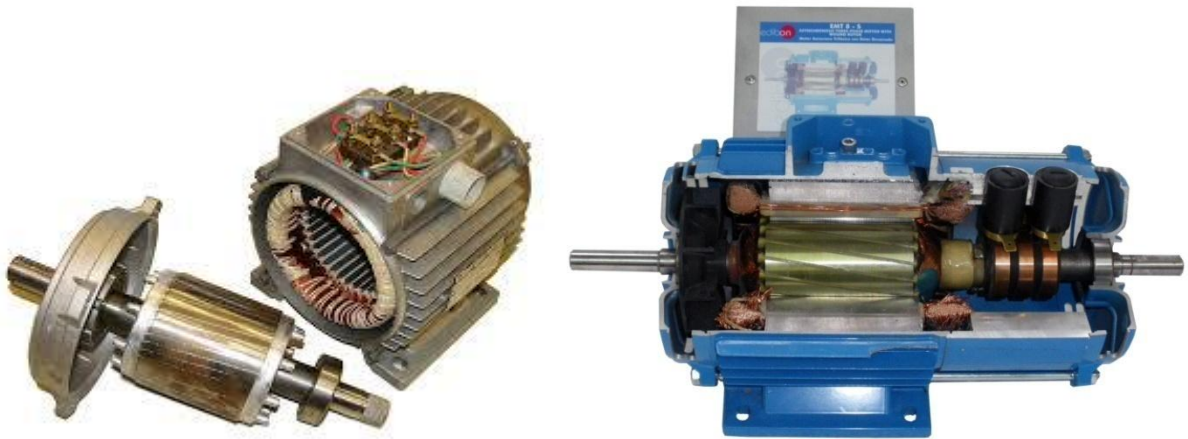
#### ✓ **Le moteur asynchrone à cage**

Dans un moteur à cage, appelé aussi moteur à cage d'écureuil, on trouve un rotor en circuit court. Le rotor est constitué de barres (souvent en aluminium) qui sont fixées à chaque extrémité à un anneau. La succession de barres reliées aux 2 anneaux forment ce que l'on appelle la cage d'écureuil.

Ici, pas de balais d'alimentation, ce qui réduit les coûts d'entretien du moteur. Sa construction simple facilite également son entretien. Les moteurs à cage sont aussi considérés comme plus résistants.

C'est le moteur le plus utilisé dans l'industrie, du fait de son prix, de sa facilité d'entretien, de sa robustesse mais aussi de la possibilité de faire varier la vitesse électroniquement.

Le point noir d'un moteur à cage est qu'il possède un couple de démarrage faible. On réserve les moteurs à cage pour les cas où le démarrage demande une faible charge (machines-outils, pompes, ventilateurs...) et on les évite pour les cas de démarrage en charge (ex : ascenseurs)



Moteur asynchrone a cage

Moteur asynchrone a rotor Bobine

**Fig (III.12):** Moteur asynchrone

#### électrovanne:

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.



Fig (III.13): électrovanne

✚ Câble triphasée pour alimente le moteur (cote puissance) :



Fig (III.14): Câble triphasée

✚ Le fil de branchement :

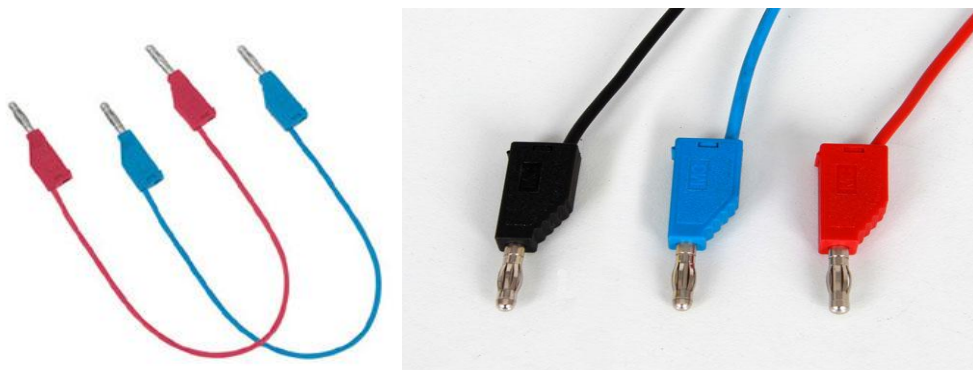


Fig (III.15): fil de branchement

### III.4.2. Méthode de câblage :

Le Schéma suivant explique la méthode de câblage de notre projet

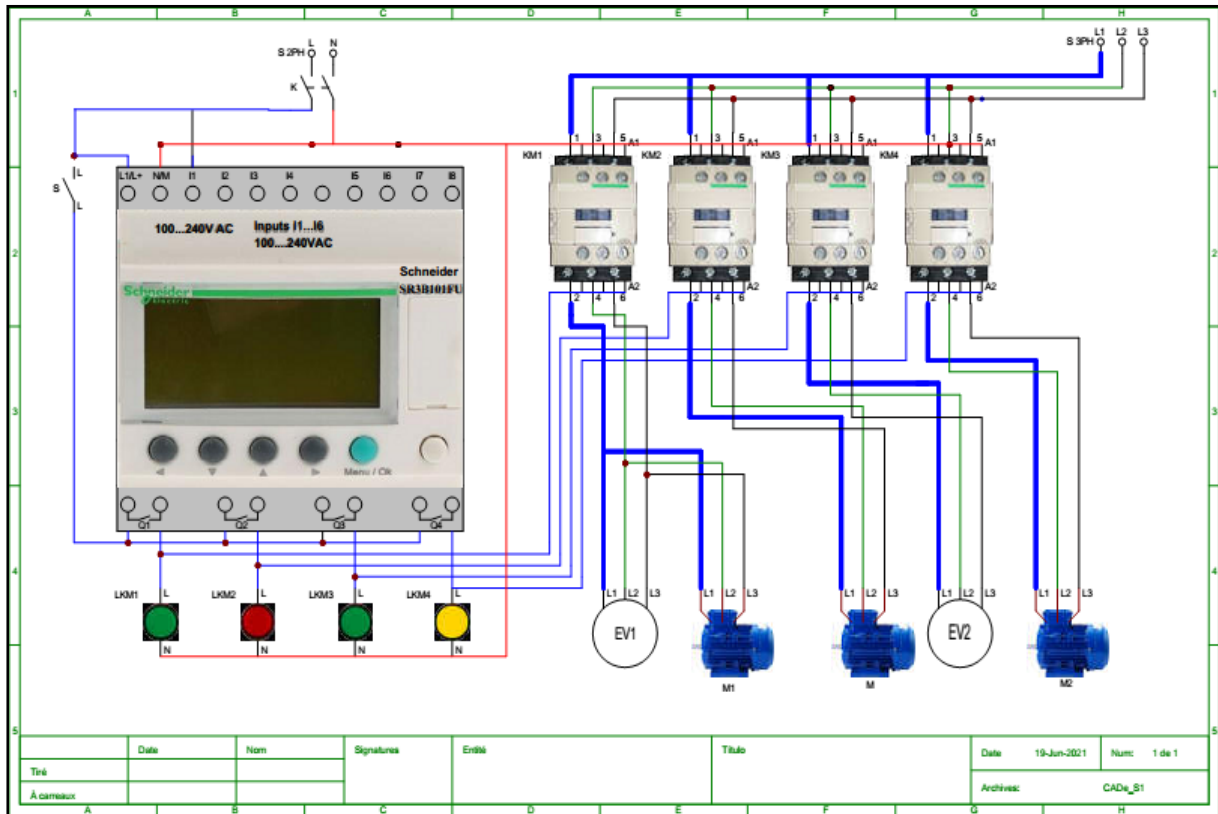


Fig (III.16): Schéma de câblage de projet

III.4.3. Méthode de programmation :

III.4.3.1. Schéma Grafcet :

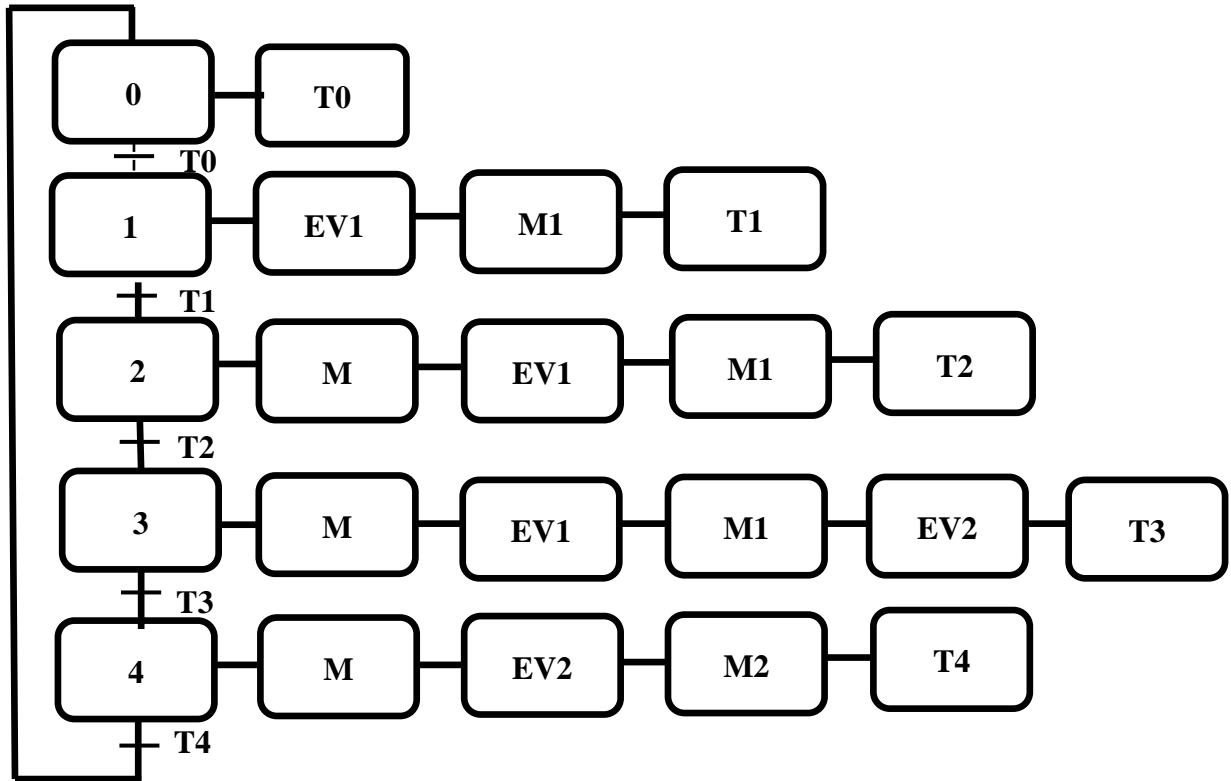


Fig (III.17): Schéma Grafcet

**III.4.3.2. Les équations :**

- ✓ L'équation mathématique de timer

$$T0=X0 \quad T1=X1 \quad T2=X2 \quad T3=X3 \quad T4=X4$$

- ✓ L'équation mathématique de sortie (out put)

$$M1+EV1=X1+X2+X3$$

$$M=X2+X3+X4$$

$$M2.EV2=X4$$

$$EV2=X3+X4$$

- ✓ L'équation mathématique de set

$$SX0=X4.T4+ (\bar{x}0. \bar{x}1. \bar{x}2. \bar{x}3. \bar{x}4)$$

$$SX1=X0.T0$$

$$SX2=X1.T1$$

$$SX3=X2.T2$$

$$SX4=X3.T3$$

- ✓ L'équation mathématique de reset

$$RX0=X1$$

$$RX1=X2$$

$$RX2=X3$$

$$RX3=X4$$

$$RX4=X0$$

### III.4.3.3. Schéma de programme Ladder :

✓ Timer :

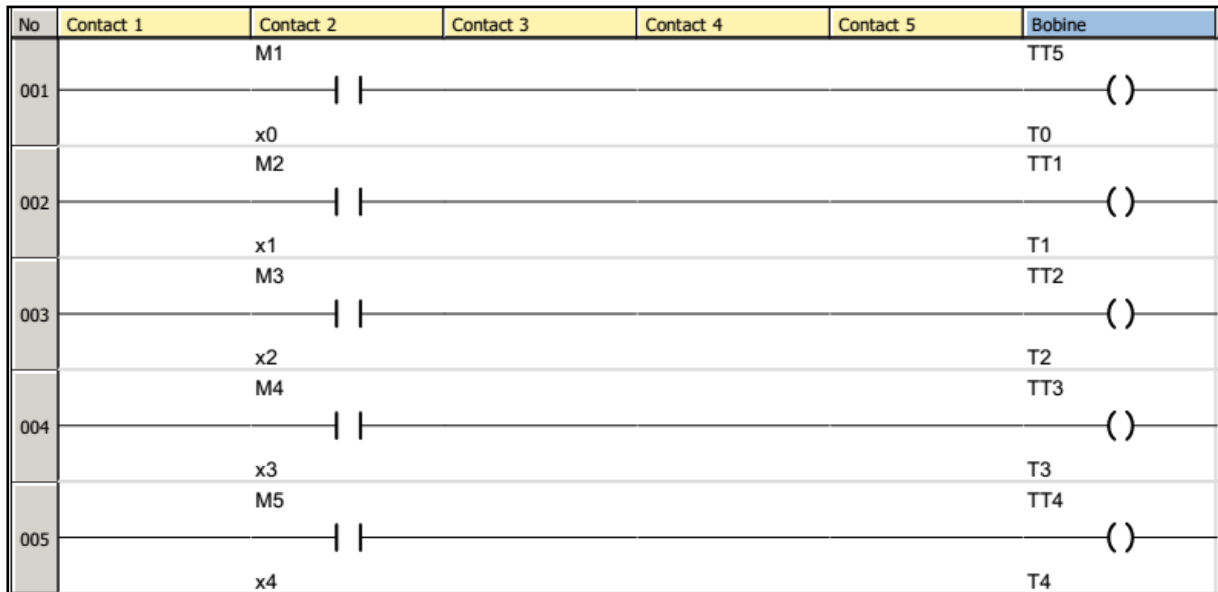


Fig (III.18) : Schéma de programme Ladder Timer

✓ Out put :

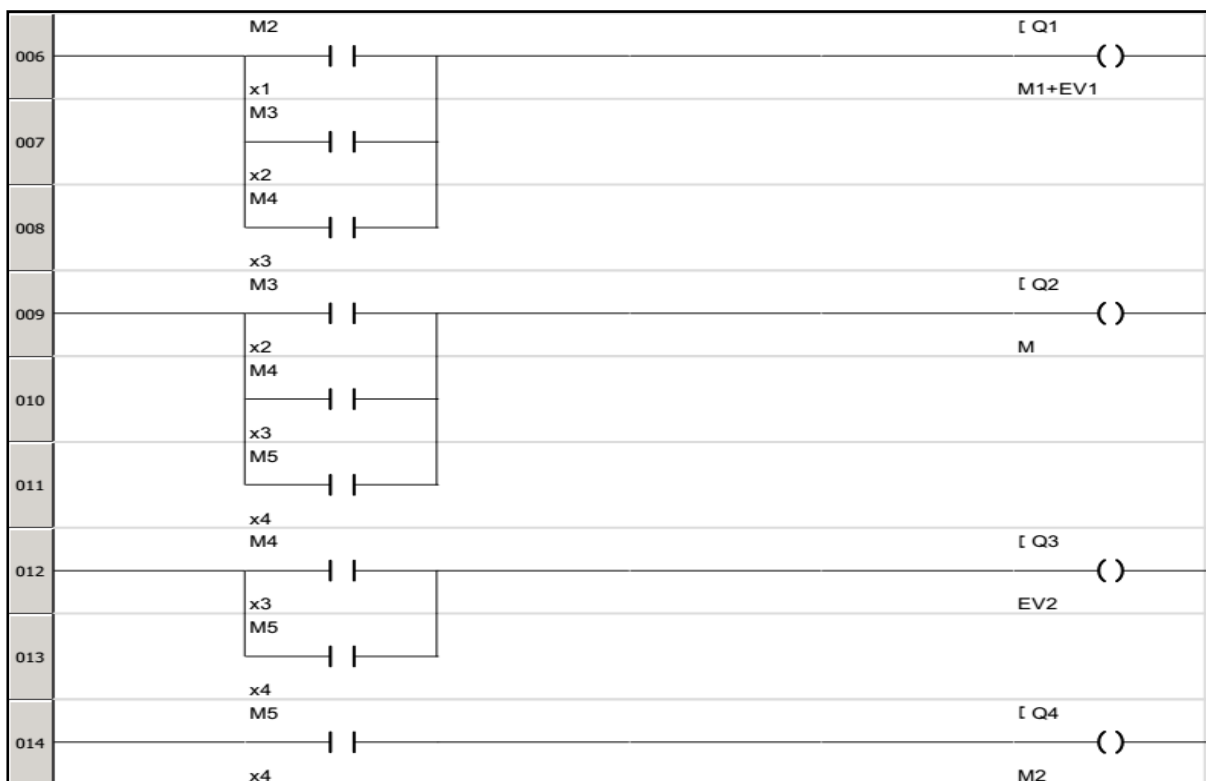


Fig (III.19) : Schéma de programme Ladder Out put

✓ Set :

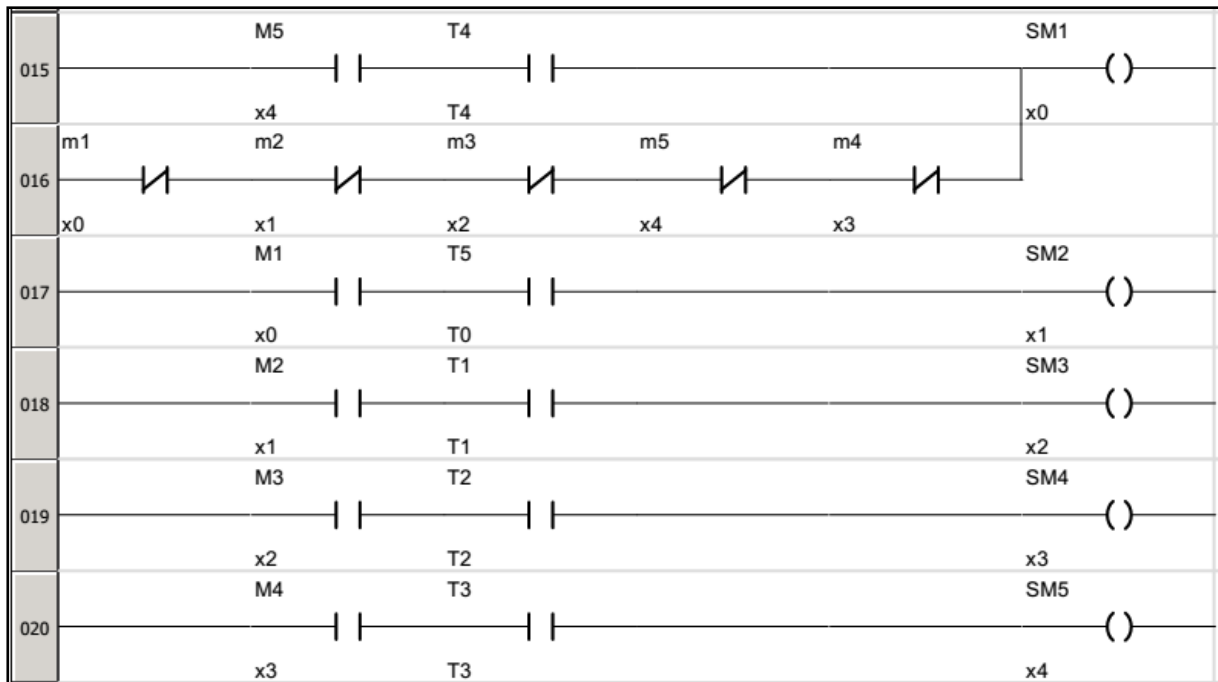


Fig (III.20) : Schéma de programme Ladder Set

✓ Reset :

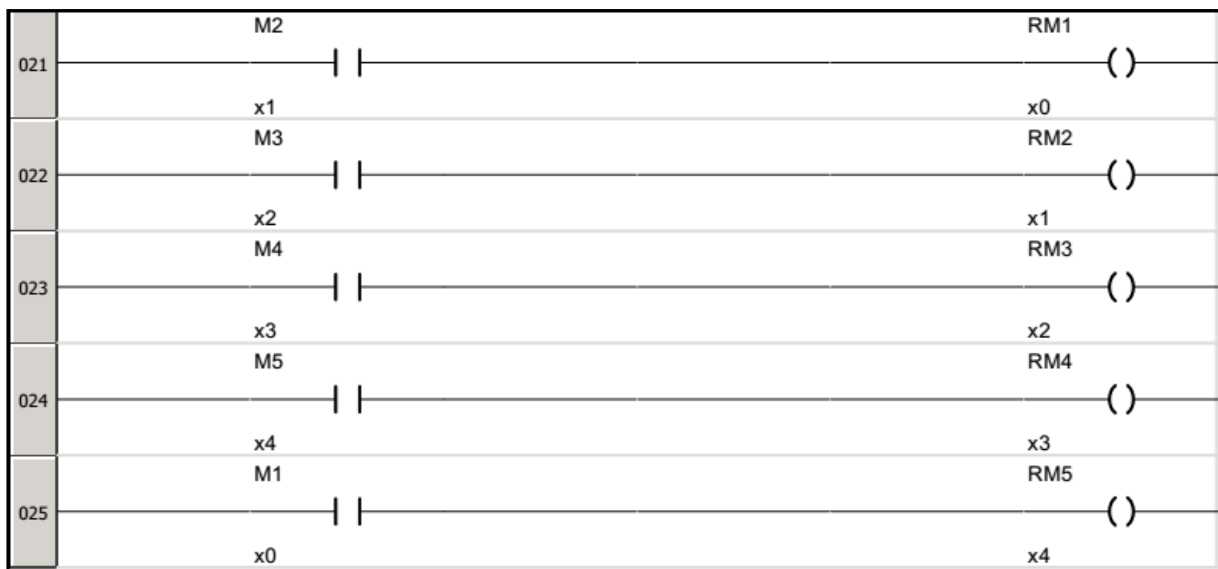
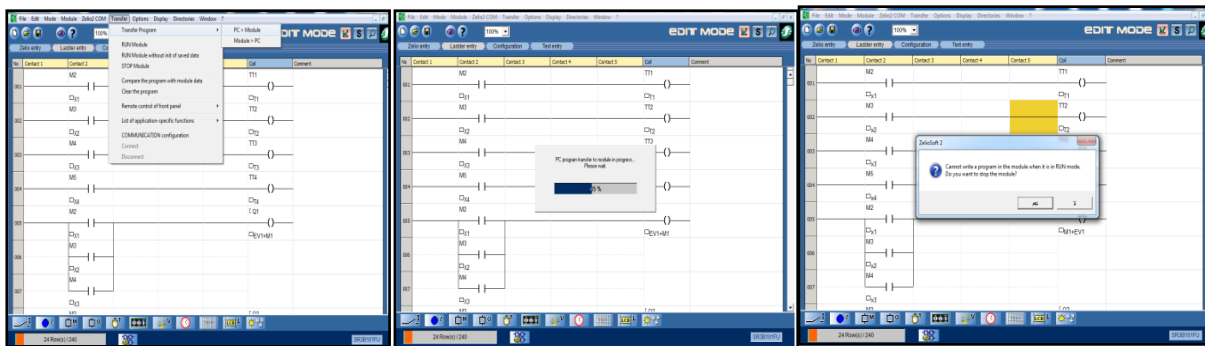


Fig (III.21) : Schéma de programme Ladder Reset

### III.4.3.4. Transfert à l'API :

Les images suivantes montrent comment envoyer le programme Ladder à l'API



1ere étape

2eme étape

3eme étape

Fig (III.22): envoyer programme Ladder a l'API

### III.4.4. Résultat :

#### Simulation par Zelio Soft2 V5.4.0 :

Dans cette partie nous avons utilisé un programme de simulation Zelio Soft2 V5.4.0 de caractéristique suivant :

- ✓ Joue un rôle de coordination entre le programmeur et l'API.
- ✓ Possibilité de programme avec deux langues (Ladder et FBD).
- ✓ Facilite d'accès de votre interface.
- ✓ .....



Etape	Action
1	Démarrez l'atelier Zelio Soft 2.
2	Sélectionnez <b>Ouvrir un programme existant</b> .
3	Choisissez l'exemple de programme à démarrer.
4	Sélectionnez le mode <b>Simulation (1)</b> . 
5	Exécutez le programme en appuyant sur <b>RUN (2)</b> . 

Tableau (III.4) : Lancement d'un exemple dans l'atelier de programmation Zelio Soft2

**Avec de paramètre:**

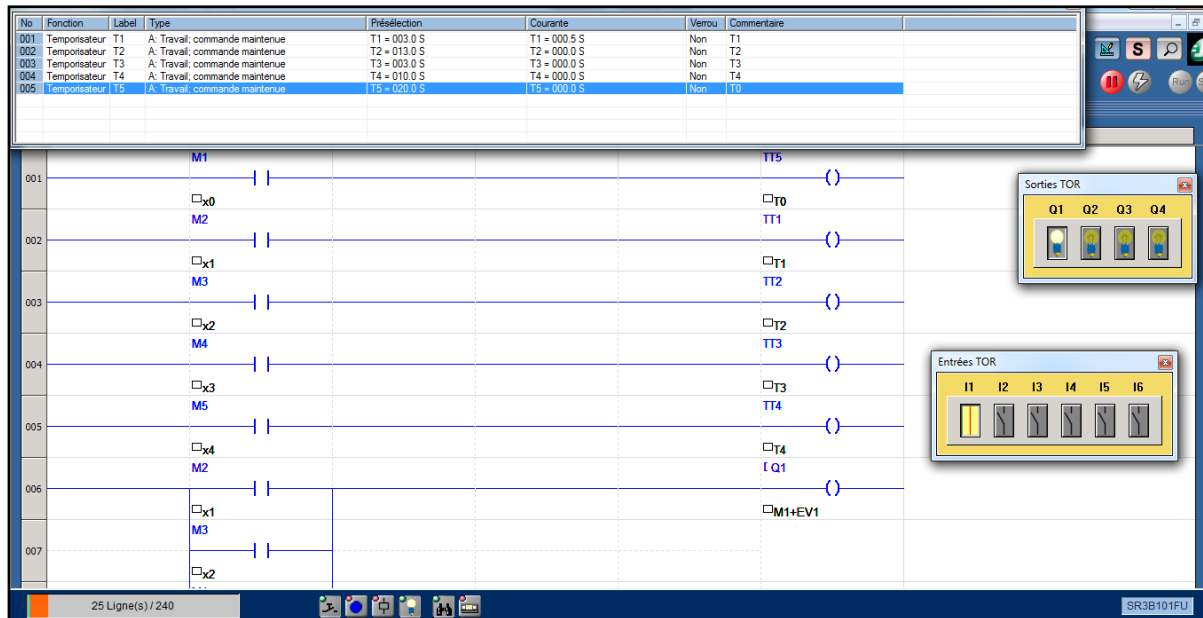
- ✓ **T0=20s** : ce temp de repos ;
- ✓ **T1=3s** : temp assure que la 1ere électrovanne est ouvre ;
- ✓ **T2=13s** : ce temp pour le 1ere pivot faire un tour avec un retard de l'arrive d'eau au pivot ;
- ✓ **T3=3s** : ce temp pour assure que la 2eme électrovanne est ouvre complètement;
- ✓ **T4=10s** : ce temp pour que le 2eme pivot faire un tour.

**EV1** :1ere électrovanne 1ere pivot ; **EV2** :2eme électrovanne de 2eme pivot ; **M1** : Moteur 1ere pivot ; **M1** : Moteur 2eme pivot ; **M** : Pompe d'eau.

**Observation** : le temp utilise pas réel ce pour l'essai

Ona 5 étape selon les sortie de l'API (SR3B101FU)

- ✓ **1ere étape** : allumez la 1ère lampe, ce qui signifie l'ouverture de (EV1) et démarrage (M1).



**Fig (III.23)** : Résultat de simulation 1ère étape

- ✓ **2eme étape :** allumez la 2eme lampe et garde 1ere lampe allume ce qui signifie démarrage (M) et garde (EV1) ouvert et (M1) en marche.

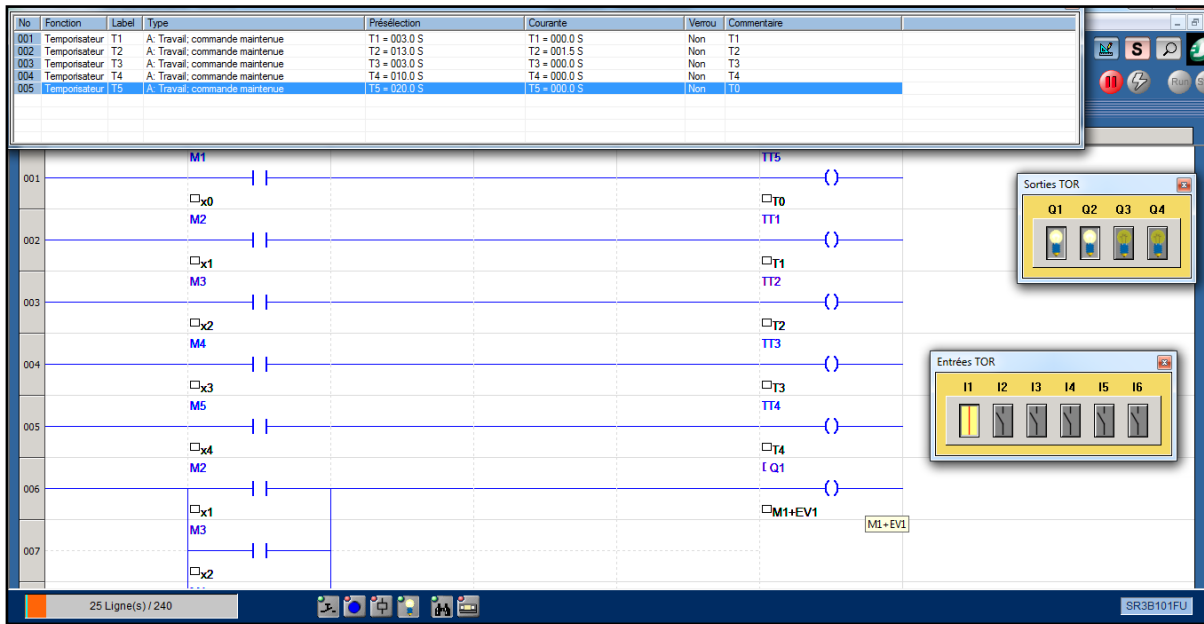


Fig (III.24) : Résultat de simulation 2ème étape

- ✓ **3eme étape :** allumez la 3eme lampe et garde la 1ere et 2eme lampe allume ce qui signifie l'ouverture de (EV2) et garde (EV1) ouvert et (M1) et (M) en marche.

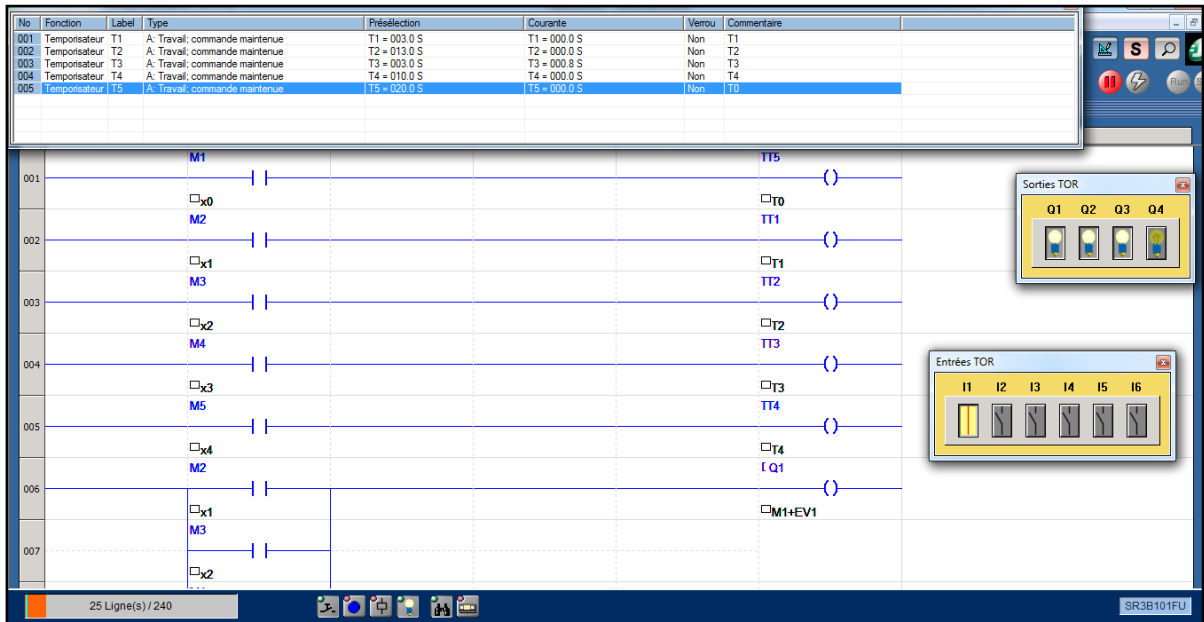


Fig (III.25) : Résultat de simulation 3ème étape

- ✓ **4eme étape :** allumez la 4eme lampe et ferme la 1ere, garde la 2eme et 3eme lampe allume ce qui signifie l'ouverture de (M2), garde (M) en marche et ferme (EV1) et (M1).

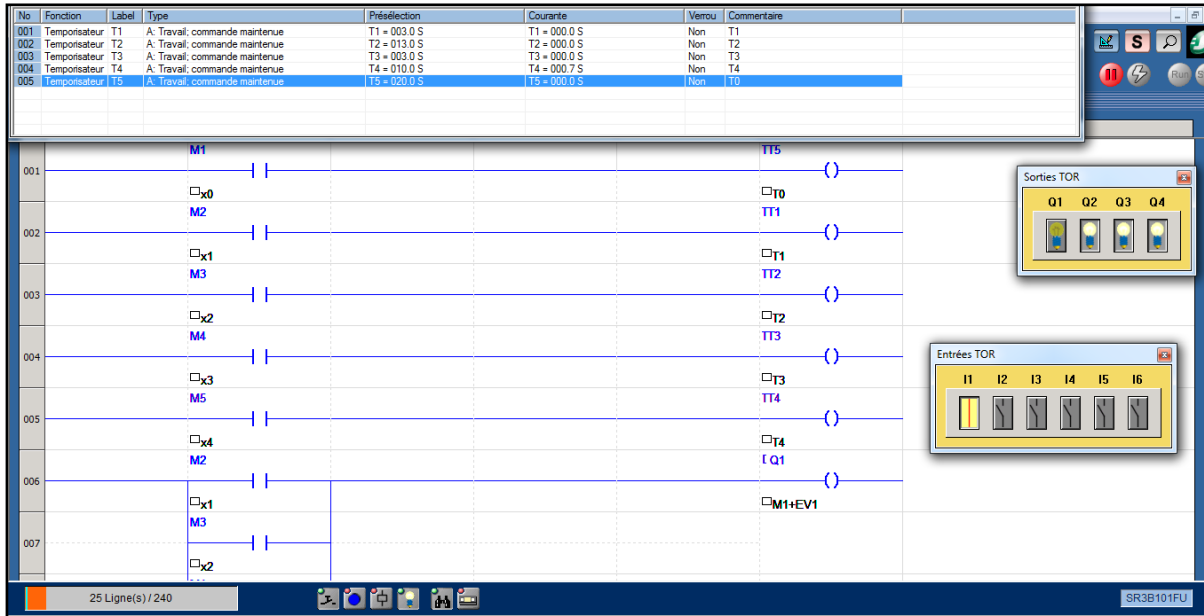


Fig (III.26) : Résultat de simulation 4ème étape

- ✓ **5eme étape :** ferme tout les lampes ce qui signifie ferme (EV1) et (EV2) et (M) et (M1) et (M2) Jusqu'à ce que le processus recommence encore une fois apre le temp de reps achève.

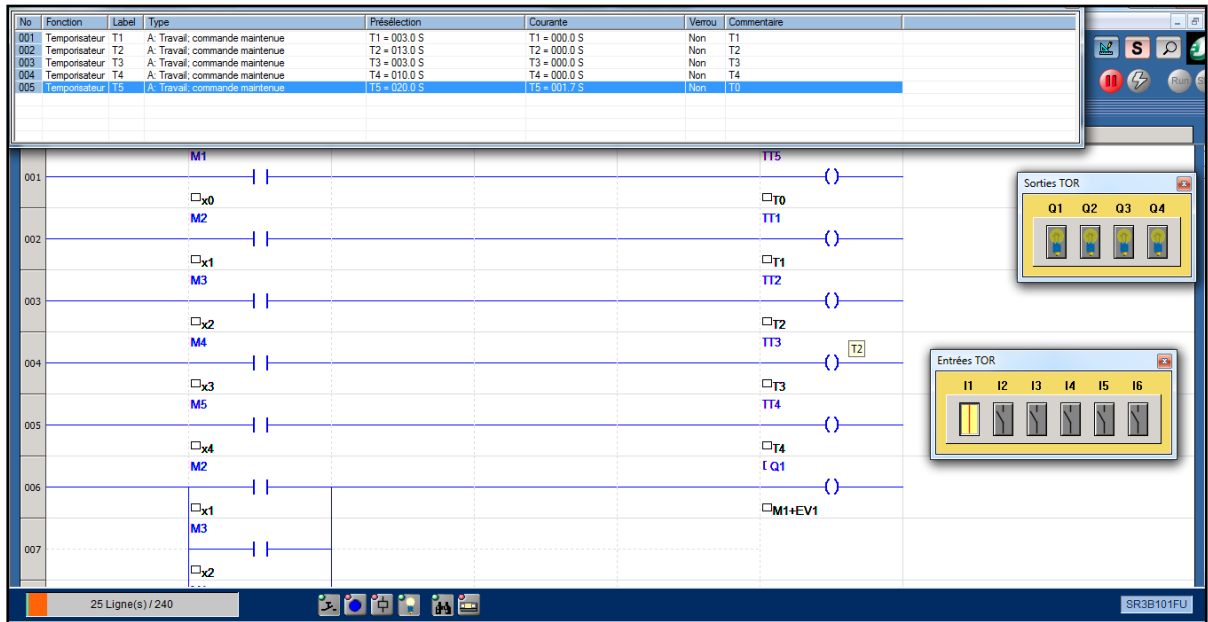


Fig (III.27) : Résultat de simulation 5ème étape

### Application pratique :

Dans notre projet nous avons utilisé une armoire constituée des matériels que nous avons présentés précédemment ((III.4.1.))

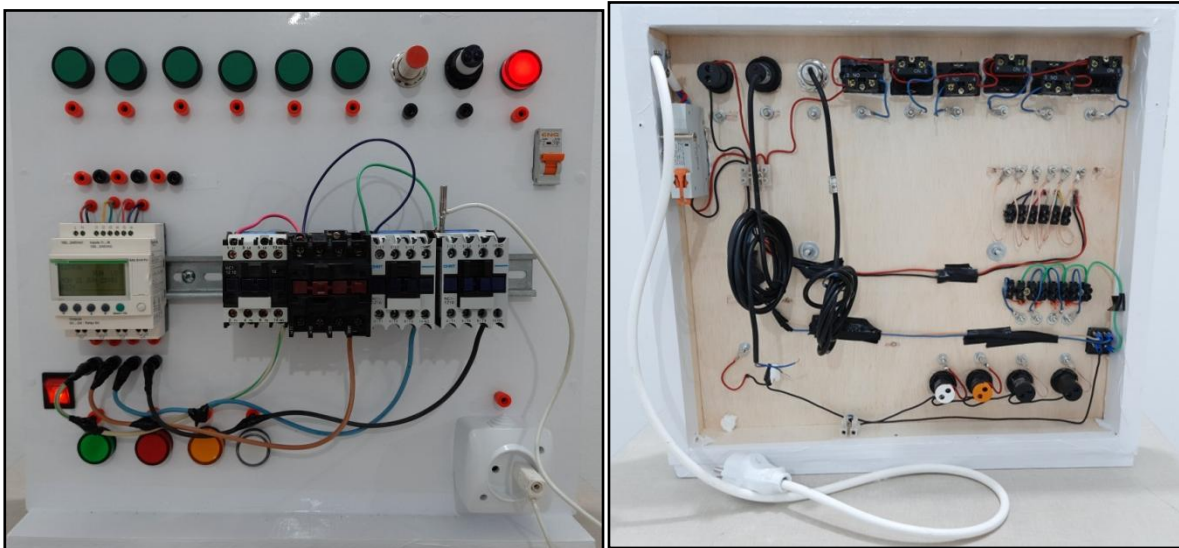


Fig (III.28) : armoire utilisée pour notre projet

On a 5 étapes selon les sorties de l'API (SR3B101FU)

**1ère étape :** allumez la 1ère lampe, ce qui signifie l'ouverture de (EV1) et démarrage (M1).

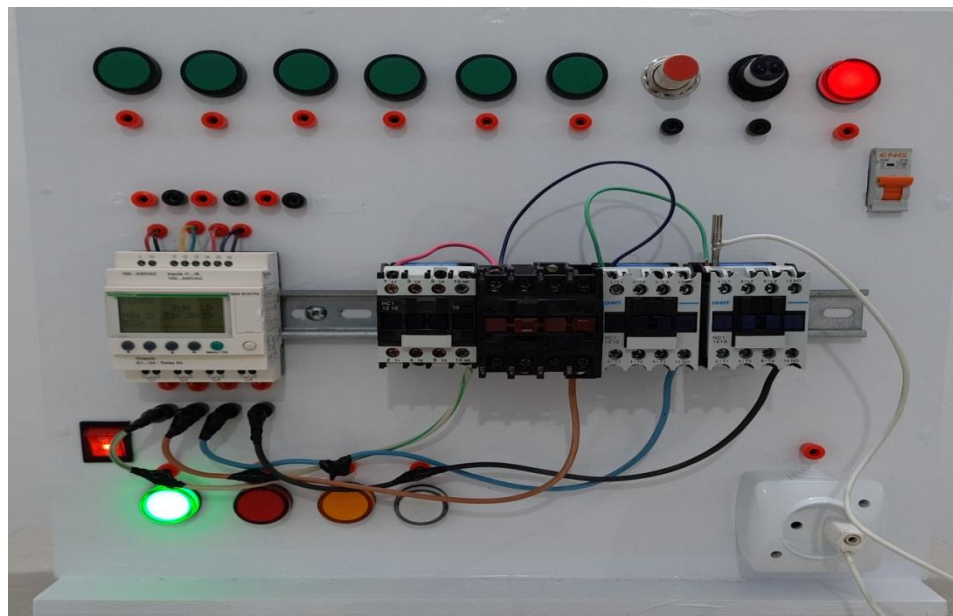


Fig (III.29) : Résultat d'application 1ère étape

- ✓ **2eme étape :** allumez la 2eme lampe et garde 1ere lampe allume ce qui signifie démarrage (M) et garde (EV1) ouvert et (M1) en marche.

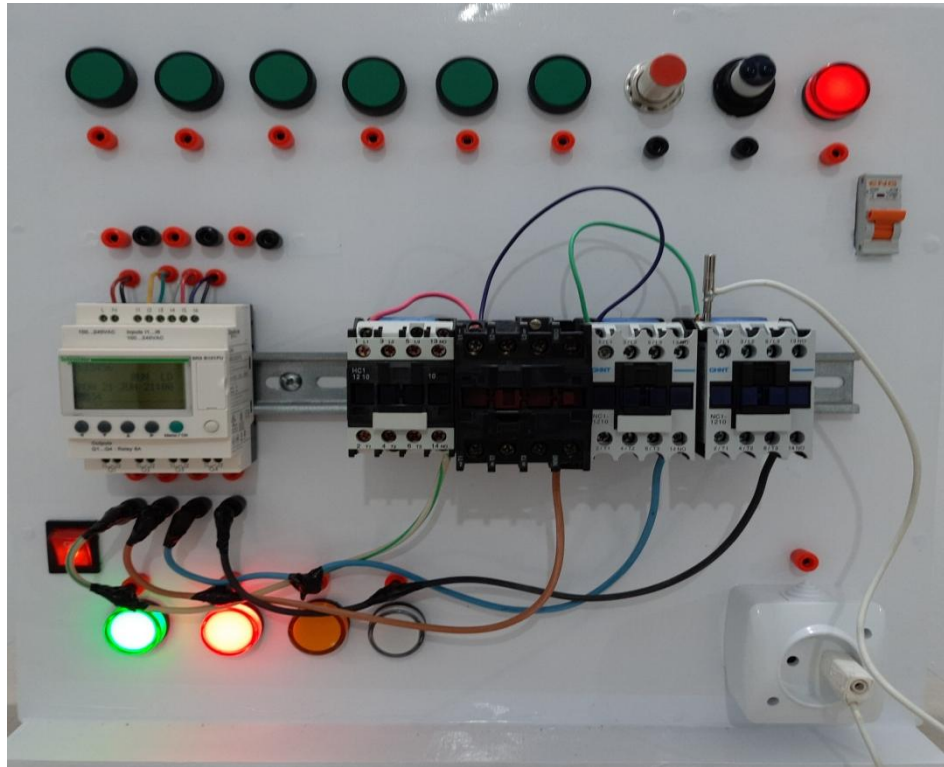


Fig (III.30) : Résultat d'application 2eme étape

- ✓ **3eme étape :** allumez la 3eme lampe et garde la 1ere et 2eme lampe allume ce qui signifie l'ouverture de (EV2) et garde (EV1) ouvert et (M1) et (M) en marche.

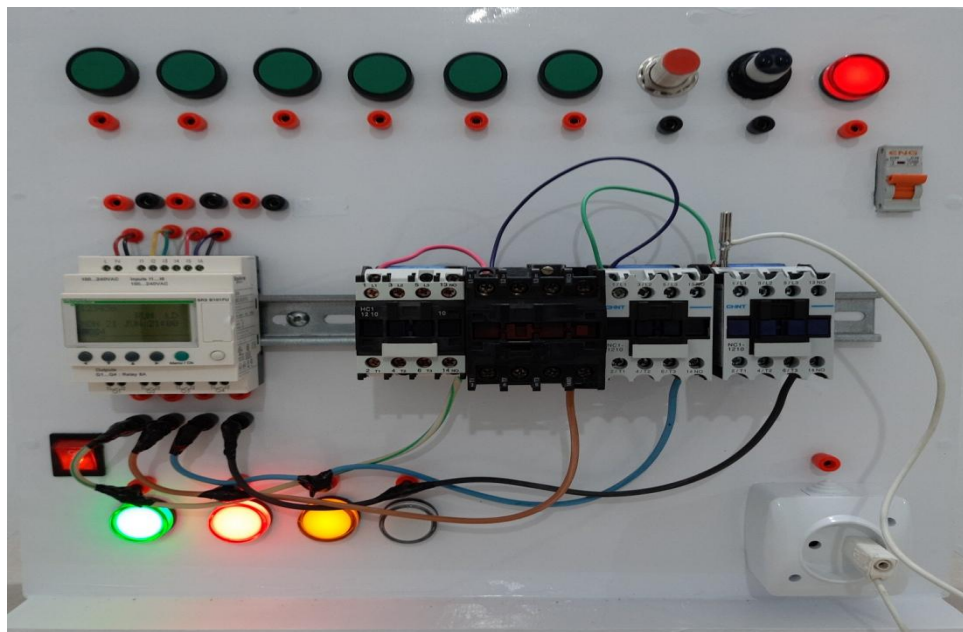


Fig (III.31) : Résultat d'application 3eme étape

- ✓ **4eme étape :** allumez la 4eme lampe et ferme la 1ere, garde la 2eme et 3eme lampe allume ce qui signifie l'ouverture de (M2), garde (M) en marche et ferme (EV1) et (M1).

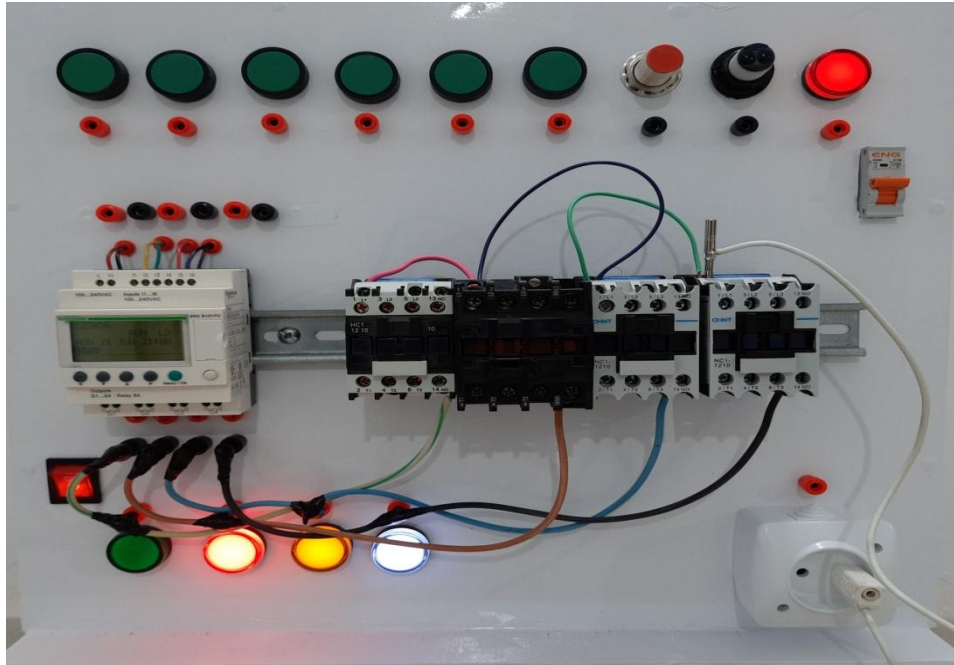


Fig (III.32) : Résultat d'application 4eme étape

- ✓ **5eme étape :** ferme tout les lampes ce qui signifie ferme (EV1) et (EV2) et (M) et (M1) et (M2) Jusqu'à ce que le processus recommence encore une fois apre le temp de reps achève.

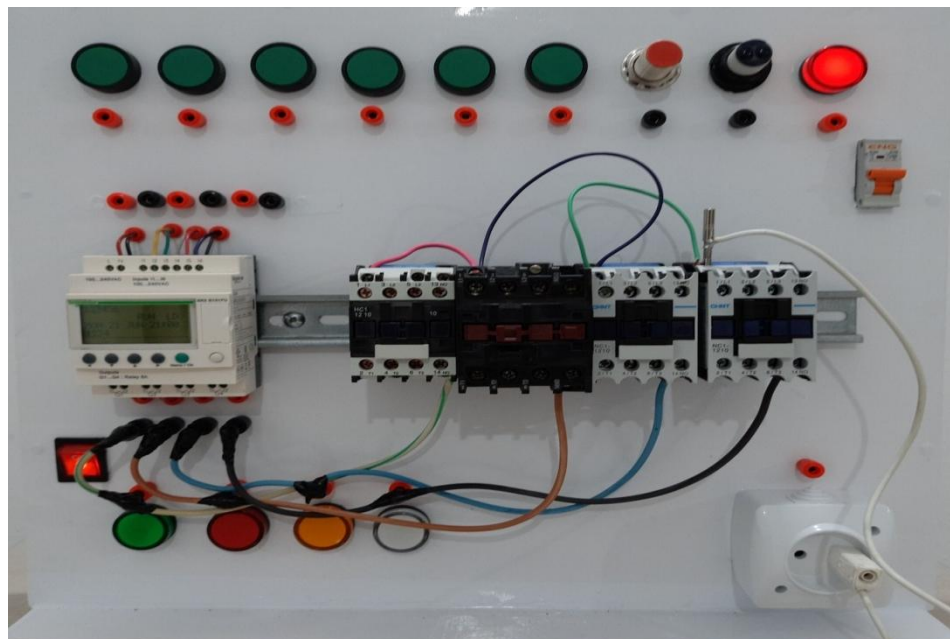


Fig (III.33) : Résultat d'application 5eme étape

### **III.5. Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons mis en place un circuit de contrôle qui nous permet de contrôler la fermeture et l'ouverture d'un système d'arrosage composé de deux pivot, une pompe et deux électrovanne et deux moteur pour rotation des pivot à l'aide de l'automate programmable industriel (API) Schneider Zelio soft 2 SR3B101FU 6 INPUT/4OUTPUT

### **Conclusion général :**

Dans notre mémoire, nous avons fait une étude complète sur les API, où nous avons appris à connaître leurs types, composés, méthodes de programmation et domaines d'utilisation.

Par conséquent, nous avons mené une étude sur l'application du contrôle de la fonction PLC dans l'activation et la désactivation du système d'irrigation à pivot central pour notre région de l'oued Souf.

Mais faute de certaines exigences telles que ELECTROVANE 60mm, nous n'avons pas pu l'appliquer sur le terrain, mais avons raccourci son application avec un panneau que nous avons complété en atelier en utilisant toutes les commandes. Nous venons de remplacer les moyeux, la pompe et l'électrovane avec des lumières. Nous avons créé un schéma du système d'irrigation requis à l'aide de GRAFCET et programmé l'API avec un programme spécial (LADDER).

Nous avons connecté chaque moteur à chaque pivot et moteur de pompe à la partie puissance de leur contacteur et connecté les électrovannes directement à leurs sorties PLC. Connectez ensuite la partie commande de tous les contacteurs que nous avons mentionnés à leurs sorties sur l'automate. Nous avons fait fonctionner le système dans l'atelier et l'idée a été un succès à 100% sans aucun problème. Nous espérons que les agriculteurs ou les institutions émergentes en profiteront pour l'appliquer et le publier afin de faciliter les exploitations agricoles et de réduire le temps et les efforts.

Le système que nous avons créé est évolutif grâce à des capteurs météorologiques tels que la chaleur, le vent, la pluie et l'humidité, où l'arrosage s'allume automatiquement en cas de vent et s'arrête automatiquement en cas de pluie. Il peut également être lié à une carte GSM qui permet le contrôle à distance et l'envoi de données sur le fonctionnement et la fermeture du système d'irrigation et l'envoi d'alertes en cas de dysfonctionnement du système.

## Bibliographie

- [1]. HAKIMA, Takilt; FERROUDJA, Sebaoui. *Conception et réalisation d'un système antivol à base d'une carte Arduino*. 2016. PhD Thesis. UniversitéMouloudMammeri.
- [2]FOUGHALLI ATTI, Fatima. *Capteurs de pression piezoresistifs*. 2014.
- [3]. YAMINA, Haddouche; DJEDJIGA, Bestani. *Conception et réalisation d'un radar ultrason*. 2018. PhD Thesis. UniversitéMouloudMammeri.
- [4]. HAMMA, Khalissa; MAHDJOUBI, Samia. *détecteur de champ magnétique*. 2017. PhD Thesis.
- [5]. TIAIBA, Oussama. *ETUDE SIMULATION DES (API) EN VUE DE LEURS APPLICATIONS DANS LE DOMAINE DE DEMARRAGE DES MOTEURS ASYNCHRONE TRIPHASES AVEC UN LOGICIEL EN LANGAGE GRAFCET*. 2008. PhD Thesis. Université Mohamed Boudiaf-M'Sila.
- [6]. BENYETTOU, Fatima Zahra. *COMMANDE D'UNE MACHINE INDUSTRIELLE FRAISEUSE PAR API*. 2011. PhD Thesis. Université Mohamed Boudiaf-M'Sila.
- [7]. CHERIF, Aissa. *ETUDE SIMULATION DES (API) EN VUE DE LEURS APPLICATIONS DANS LE DOMAINE DE DEMARRAGE DES MOTEURS ASYNCHRONE TRIPHASES*. 2007. PhD Thesis. Université Mohamed Boudiaf-M'Sila.
- [8]. VELTZ, Pierre; ZARIFIAN, Philippe. *Vers de nouveaux modèles d'organisation?.* *Sociologie du travail*, 1993, 3-25.
- [9]. LAHCEN, GUERRAS. *COMMANDE D'UN SYSTEME AUTOMATISE DE PRODUCTION (SAP) PAR AUTOMATE PROGRAMMABLE INDUSTRIEL (API)«BRIQUETERIE D'EL KALAA BENI HAMMAD-M'SILA»*. 2013. PhD Thesis. Université Mohamed Boudiaf-M'Sila.
- [10]. BLANCHET, Max. *Industrie 4.0 Nouvelle donne industrielle, nouveau modèle économique*. *Outre-Terre*, 2016, 1: 62-85.
- [11]. AGHILAS, Kouriche. *Etude d'automatisation de la partie d'injection de soude à la station de la laveuse bouteilles*. 2017. PhD Thesis. UniversitéMouloudMammeri.
- [12]. GONZAGA, Alain. *Les automates programmables industriels*. *PDF téléchargé du www. geea. org*, 2004.
- [13]. FATIMA, Medini; SOFIANE, Mezrague. *Etude d'automatisation de l'unité de déchargement au centre de stockage et distribution avec l'automate programmable industrielle S7 300 CSD NAFTAL Oued Aissi de Tizi Ouzou*. 2017. PhD Thesis. Université Mouloud Mammeri
- [14]. TECHNIQUES DE L'INGENIEUR, «Les systèmes automatise », « Langage de programmation pour API norme IEC 1131-3 ».
- [15]. ZINEDINE, Iabbaden; FARID, Lahlou. *Réalisation d'un module de distribution d'énergie à base d'une carte Arduino méga 2560*. 2017. PhD Thesis. Université Mouloud Mammeri
- [16]. LASSELAT, RACHID. *RÉSOLUTION PAR GRAFCET ÉVOLUÉ D'UN SYSTÈME AUTOMATISÉ INDUSTRIEL «BRIQUETERIE D'EL KALAA BENI HAMMAD-M'SILA*. 2009. PhD Thesis. Université Mohamed Boudiaf-M'Sila.

- [16]. ACHOUR, Aidrous; KAHINA, Sfihi. *Automatisation et amélioration d'une chaîne de production de lait pasteurisé*. 2013. PhD Thesis. Université Mouloud Mammeri.
- [17]. BENYAHIA ISMAHANE. BOUMELIT ASMA, « Application du GRAFCET pour l'automatisation d'une remplisseuse d'un liquide », Mémoire du technicien Supérieur, I.N.S.F.P.BATNA, MARS 2008.
- [18]. LYES, Atmimou; HASSINA, Belfaked. *Système automatique de production et adaptation d'un automate à une machine de l'électro-industrie*. 2011. PhD Thesis. Université Mouloud Mammeri.
- [19]. ZAHRA, Djettou. *Automatisation d'une installation d'alimentation en pression des machines d'insertion automatique des cartes électroniques au niveau de l'usine BOMARE COMPANY*. 2018. PhD Thesis. Université Mouloud Mammeri.
- [20]. BIBEAU, Robert. Les TIC à l'école: proposition de taxonomie et analyse des obstacles à leur intégration. *Revue de l'EPI*, 2005.
- [21]. LORINO, Philippe. *Le contrôle de gestion stratégique: la gestion par les activités*. Paris:Dunod, 1991.
- [22]. BADIS, BACHA. Automatisation d'un coupeur primaire et multifils d'une chaîne de production (briqueterie) par une Automate Programmable Schneider Zelio\_SR2 B201FU.
- [23]. ZAKARIA, Noui. Etude et programmation applicateur de sac commande par S7-300.
- [24]. ALIANE, Khoukha; BOURAMA, Sara. *Proposition d'automatisation de marche en alternance de deux compresseurs à haute pression (entreprise Mont Djurdjura)*. 2019. PhD Thesis. Université Akli-MouhandOulhadje-Bouira.
- [25]. SAHEB, Yanis, et al. Etude et automatisation d'une station de pompage d'eau glacée. 2018. PhD Thesis. Université abderrahmane mira.
- [26]. <https://www.se.com/dz/fr/product-range-download/531-zelio-logic>
- [27]. مجوري; نور الدين; عريق. automatisation et optimisation d'un micro réseau par automate programmable base sur système SCADA" Smart Grid". 2019.
- [28]. BAUDINET, Robert, et al. Développement d'un framework modulaire intégrant les nouvelles technologies des automates programmables et application à une ligne de tri robotisée. 2018.
- [29]. NABILA, Rebiah; OUIZA, Salmi. Automatisation et amélioration de bétonnage BM4/400/L Cas de SARL NOCAD. 2017. PhD Thesis. Université Mouloud Mammeri.
- [30]. GHILES, Ahras; DJAFFAR, Abdelli. Etude et conception d'une commande programmable d'une presse à profilés U. 2014. PhD Thesis. Université Mouloud Mammeri.
- [31]. VECHIU, Ionel. Modélisation et analyse de l'intégration des énergies renouvelables dans un réseau autonome. 2005. PhD Thesis. Université du Havre.
- [32]. BENAIED, Noredine. Schémas et Appareillages électriques. 2015.
- [33]. MEDJAHDAOUI, Younes; BELKHIRI, Othman. Commande à distance d'une pompe. PhD Thesis.
- [34]. CHAIBDDRA DJOUDI, ABDELLAOUI TAWFIK. Commande vectorielle d'un moteur synchrone à rotor bobiné.

**Résumé :** Les contrôleurs programmables ont fait un saut qualitatif en facilitant le système de contrôle appliqué dans les usines et dans plusieurs domaines tels que les fermes et les poulaillers.....

Ce dernier offre plusieurs avantages aux utilisateurs, notamment une réduction du temps et des efforts. Contrôle intelligent et précis Dans ce message, nous avons implémenté le contrôleur intelligent Schneider Zelio dans son réservoir électrique, qui contrôle le fonctionnement d'un système d'irrigation avancé composé de deux axes d'arrosage, d'une pompe à eau et de deux vannes électriques, nous avons donc mené une étude sur le terrain, qui est la programmation du contrôleur intelligent situé dans le panneau de commande pour jouer le rôle du propriétaire dans la supervision du processus d'arrosage.

**Mots clés :** Automate Programmable Industriel (API), Zelio soft, Capteur....

---

**Abstract:** Programmable controllers have made a qualitative leap in facilitating the control system applied in factories and in several fields such as farms and poultry houses.....

The latter offers several benefits to users, including shortening of time and effort. Intelligent and precise control in this message, we have implemented the Schneider Zelio smart controller in its electric tank, which controls the running of an advanced irrigation system consisting of two watering axles, a water pump and two electric valves. So that we conducted a field study, which is the programming of the smart controller located in the control panel to play the role of the owner in supervising the watering process.

**Keywords:** Programmable Logic Controllers (PLC), Zelio soft, Sensor...

---

**المخلص:** أحدثت المحكمات القابلة للبرمجة نقلة نوعية في تسهيل نظام التحكم المطبق في المصانع و في مجالات عدة كالمزارع و بيوت تربية الدواجن..... .

كما يقدم هذا الأخير عدة فوائد للمستخدمين منها اختصار للوقت و الجهد . تحكم ذكي و دقيق وفي هذه الرسالة قمنا بتطبيق المتحكم الذكي من نوع Schneider Zelio في خزانه كهربائية التي تتحكم في تسيير نظام سقي متطور يتكون من محورين سقي و مضخة ماء و صمامين كهربائيين بحيث قمنا بدراسة ميدانية و هي برمجة المتحكم الذكي الموجود في لوحة التحكم ليقوم بدور المالك بالإشراف على عملية السقي.

**الكلمات المفتاحية:** وحدة التحكم المنطقية القابلة للبرمجة الصناعية (API)، Zelio soft، المستشعر.