

وزارة البحث العلمي والتعليم العالي



MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA

RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم

Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem

كلية العلوم و التكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE



N° d'ordre : M...../GE/2022

## MEMOIRE

Présenté pour obtenir le diplôme de

### MASTER EN GENIE ELECTRIQUE

Filière : Electrotechnique

Spécialité : Electrotechnique Industrielle

# Réalisation D'une Maquette Pédagogique D'une Chaine Industrielle Automatisée

## Présenté Par :

- BOUOUDA Mohammed
- BENS Aidane Nadjib

Soutenu le // 2022 devant le jury composé de :

<b>Président :</b>	Mr Azzedine Mohamed	MAA	Université de Mostaganem.
<b>Examineur :</b>	Mme Benchellal Amel	MCB	Université de Mostaganem
<b>Rapporteur :</b>	Mr Chaouch Abdellah	MCA	Université de Mostaganem
<b>Co-rapporteur</b>	Mr El Akermi Hadj Ahmed	Enseignant	INSFP de Mostaganem

Année Universitaire 2021/2022

## Remerciements

Louange à DIEU le très grand et miséricordieux, le seul et unique qui nous a  
donné la

Force et le courage pour terminer nos études et élaborer ce travail. Avant de  
commencer la

Présentation de ce travail, Nous profitons de l'occasion pour remercier toutes les  
personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin  
d'études.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements pour mon grand et respectueux,  
**Mr Chaouch abdallah** , d'avoir accepté de nous encadrer pour mon projet de  
fin d'études, ainsi que pour ses précieux conseils et surtout pour nous avoir  
laissé une grande liberté dans la conception et la rédaction de ce travail. Ses  
remarques pertinentes et son encouragement.

Nous tenons à exprimer nos profondes reconnaissance et toutes nos pensées de  
gratitude à

**Mr. Hadj Ahmed el Akermi Enseignant à l'Institut spécialisé de formation  
professionnel (INSFP) de Mostaganem**, qui nous accompagnée près durant  
tout ce travail, pour sa disponibilité, pour la confiance qu'il a su nous accorder et  
les conseils précieux qu'il nous prodigués tout au long de la réalisation de ce  
projet.

Nos remerciements vont aussi à tous professeurs, enseignants et toutes les  
personnes qui

nous a soutenus jusqu'au bout, et qui ne cessent de nous donner des conseils très  
importants en signe de reconnaissance.

## Dédicace

Je tiens à dédier cet humble travail à :

A ma tendre mère et mon très cher père

A ma précieuse ami BENSAIDANE Nadjib . ; A mes chères

tantes

A mes frère : mahfoud , zohra ,khadidja ,zina et achwak

Spécial dédicace à vous: monsieur. Hadj Ahmed el Akermi

A mes meilleurs amis :

Adel , habib ,abd alwaheb ,fawzi ,el hadj ,amin et laid

A Tous mes amis d'enfance et du long parcours scolaire et  
universitaire.

A Toute ma famille

**BOUODA Mohammed**

## Dédicace

Je tiens à dédier cet humble travail à :

A ma tendre mère et mon très cher père

A ma précieuse ami BOUOUDA Mohammed. A mes chères  
tantes

A mes frère : mohammed, ikram et assila

Spécial dédicace à vous: monsieur. Hadj Ahmed el akermi

A mes meilleurs amis :

Adel , habib ,abd alwaheb ,fawzi ;el hadj ,amin et laid

A Tous mes amis d'enfance et du long parcours scolaire et  
universitaire.

A Toute ma famille

**BENSAIDAE Nadjib**

# Sommaire

Introduction générale: .....	01
CHAPITRE I : GENERALITES SUR L’AUTOMATISME	
I.1 Introduction .....	02
I.2 Définition d’un automatisme .....	02
I.2.1 Exemples de systèmes automatisés .....	04
I.2.2 Autres exemples de systèmes automatisés .....	04
I.3 Classification des systèmes automatisés .....	04
I.3.1 Les systèmes logiques .....	04
I.3.2 Les systèmes asservis .....	05
I.4 Objectifs de l’automatisation .....	05
I.5 Conduites et surveillance d'un système automatisé .....	06
I.5.1 Conduite .....	06
I.5.2 Surveillance .....	06
I.6 Fonction globale d’un système automatisé .....	06
I.7 Principales formes de Matière d’œuvre et Valeur ajoutée .....	07
I.8 Structure générale d’un automatisme .....	08
I.9 Les différentes technologies utilisées dans les systèmes automatisés.....	09
I.9.1 Les principales technologies rencontres des systèmes automatisés .....	09
I.10 Les énergies utilisées dans les systèmes automatisés .....	10
I.11 Organisation d'un système automatisé .....	11
I.11.1 Le poste de contrôle. ....	11
I.11.2 La Partie commande .....	12
I.11.3 La Partie opérative.....	12
I.12 Partie commande .....	13
I.12.1 pré actionneur.....	13
I.12.2 Pré actionneurs électriques .....	13

I.12.2.1	Le contacteur .....	13
I.12.2.2	Schéma de câblage d'un moteur avec un contacteur .....	14
I.12.2.3	Principe .....	14
I.12.2.4	Caractéristique et choix d'un contacteur .....	14
I.12.2	Autres prés actionneurs .....	15
I.13	Partie opérative .....	16
I.13.1	Actionneurs .....	16
I.13.1.1	Les Moteurs électriques .....	17
I.13.1.1.1	Moteur à courant alternatif.....	17
I.13.1.1.1.1	Les moteurs universels.....	18
I.13.1.1.1.2	Les moteurs synchrones .....	18
I.13.1.1.1.3	Les machines asynchrones .....	19
I.13.1.1.2	Moteur à courant continue :.....	19
I.13.1.1.3	Moteurs pas à pas.....	20
I.13.1.2	Autres actionneurs .....	20
I.13.2	Capteurs:.....	22
I.13.2.1	Définition .....	22
I.13.2.1	Rôle du capteur .....	22
I.13.2.2	Classification des capteur.....	23
I.14	Conclusion .....	24

## *CHAPITRE II : LES AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS*

II.1	Introduction .....	25
II.2	Historique .....	25
II.3	Domaines d'utilisation des API.....	26
II.4	Nature des informations traitées par l'automate .....	26
II.5	Architecture des A.P.I. ....	27

II.6	Structure d'un système complet .....	28
I.6.1	Structure interne de l'automate.....	29
I.6.1.1	Le processeur .....	30
I.6.1.2	La mémoire centrale .....	30
I.6.1.3	Les coupleurs d'entrées /sorties.....	30
I.6.1.4	les interfaces d'entrées binaires (T.O.R) .....	31
I.6.1.5	les interfaces de sorties binaires.....	32
I.6.1.6-	Les périphériques et leurs coupleurs .....	32
II.7	Câblage des entrées / sorties d'un automate .....	33
I.7.1	Branchement des Entrées TOR .....	33
I.7.2	Branchement des sorties.....	33
II.8	La console de programmation .....	35
II.9	Les langages de programmation des API .....	35
I.9.1	Le langage LD .....	35
I.9.2	Le langage FBD .....	36
I.9.3	Le langage IL .....	36
I.9.4	Le langage ST.....	37
I.9.5	Le langage de programmation .....	37
II.10	variables traitées par un automate .....	38
Exemples d'adressage.....		38
II.11	Critères de choix d'un automate .....	38
II.12	Sécurité .....	39
II.13	Description de l'Automate S7-1200 .....	40
I.13.1	Choix de la CPU.....	41
I.13.2	Le choix.....	41
I.13.3	• Possibilités d'extension de la CPU .....	42

II.14	les adresses des entrées et des sorties.....	42
II.15	Principe de fonctionnement .....	42
II.16	Cycle de fonctionnement de S7-1200 .....	43
II.17	Etats de fonctionnement de la CPU.....	44
II.18	Raccordement du matériel.....	44
I.18.1	Insertion du simulateur d'entrées.....	44
I.18.2	Raccordement de l'alimentation à la CPU .....	45
II.19	Solution envisagée.....	45
I.19.1	Les caractéristiques de CPU 1212C.....	46
I.19.2	Modules Entrées/sorties .....	47
II.20	Logiciel de programmation TIA Portal .....	47
I.20.1	Introduction général .....	47
I.20.2	Description du logiciel TIA (Totally Integrated Automation) portal.....	47
I.20.2.1	STEP 7 sur TIA portal .....	47
I.20.2.2	Vue du portal et vue du projet .....	48
II.21	Grafcet.....	49
I.21.1	Introduction .....	49
I.21.2	Principe du grafcet.....	49
II.22	Conclusion.....	51

### *CHAPITRE III : REALISATION D'UNE MAQUETTE PEDAGOGIQUE*

III.1	Introduction .....	52
III.2	Cahier de charges .....	52
III.3	Liste du matériel utilisé .....	53
III.4	Description du cycle de fonctionnement .....	55
III.5	Schémas électriques .....	59



III.6	Grafcet.....	61
III.7	Programmation.....	62
III.7.1	Schéma du programme en langage Ladder.....	63
III.8	Conclusion.....	69
	Conclusion générale.....	70
	Bibliographique.....	71

## Liste des figures

Fig. I. 1: structure générale d'un automatisme.....	3
Fig. I. 2: Exemples de systèmes automatisés.....	4
Fig. I. 3: Structure générale d'un automatisme.....	8
Fig. I. 4: Les possibilités de combinaison technologie entre la partie opérative et la partie commande..	9
Fig. I. 5: Structure d'un système automatisé .....	11
Fig. I. 6: Symbole électrique d'un contacteur.....	12
Fig. I. 7: Schéma de câblage d'un moteur avec un contacteur.....	13
Fig. I. 8: Moteurs électriques.....	16
Fig. I. 9: Une génératrice synchrone de 2000 kVA datant de 1920.....	17
Fig. I. 10: Moteur asynchrone.....	18
Fig. I. 11: Deux moteurs pas à pas.....	19
Fig. I. 12: Représentation fonctionnelle .....	21
Fig. I. 13: : Eléments constitutifs d'un capteur.....	22
Fig. II. 1 : Automate compact (LOGO) .....	27
Fig. II. 2 : Automate modulaire (Modicon) .....	27
Fig. II. 3 : Structure générale d'un A.P.I.....	28
Fig. II. 4 : L'A.P.I et son environnement (= liaisons permanentes ; - temporaire ; --- éventuelle) .....	28
Fig. II. 5 : Structure interne d'un API.....	29
Fig. II. 6 : Structure de l'UC d'un API.....	29
Fig. II. 7 : Exemple du schéma d'une entrée binaire.....	31
Fig. II. 8 : schéma de principe d'une sortie binaire.....	32
Fig. II. 9 : Exemple du schéma d'une sortie binaire.....	32
Fig. II. 10 : Pyramide CIM (Computerized Integration Manufacturing).....	33
Fig. II. 11 : exemple de câblage des sorties sur un API.....	34
Fig. II. 12 : Symboles usuels en langages LD.....	36
Fig. II. 13 : Exemple d'un Programme grafcet.....	36
Fig. II. 14 : CONT(LD) .....	37

Fig. II. 15 : LOG(FBD) .....	37
Fig. II. 16 : Automate programmable S7-1200.....	41
Fig. II. 17 : Adressage des signaux d'entrée/sortie.....	42
Fig. II. 18 : Cycle de fonctionnement de S7-1200.....	43
Fig. II. 19 : Etats de fonctionnement de la CPU.....	44
Fig. II. 20 : Raccordement d'entrées.....	45
Fig. II. 21 : Raccordement de l'alimentation à la CPU.....	45
Fig. II. 22 : S7-1200 1212C.....	46
Fig. II. 23 : Méthodologie pour conception de programme.....	48
Fig. II. 24 : Exemple simple.....	50
Fig. II. 25 : exemple simple.....	50
Fig. III. 1: Photo du dispositif expérimental.....	52
Fig. III. 2: Projet de réalisation (maquette).....	55
Fig. III. 3: Photo du dispositif expérimental.....	53
Fig. III. 4: Schéma de commande.....	55
Fig. III. 5: Schéma de puissance.....	56
Fig. III. 6: Grafcet niveau 1.....	57

## Liste des tableaux

<b>Tableau. I. 1 :</b> Les énergies utilisées en la partie opérative et la partie commande.....	22
<b>Tableau. II. 1 :</b> caractéristiques de CPU 1212C.....	58
<b>Tableau. II. 2 :</b> Description d'article du module.....	59
<b>Tableau. III. 1 :</b> List du matériel utilisé :.....	66
<b>Tableau. III. 2 :</b> Entrées physiques de l'API.....	75
<b>Tableau. III. 3 :</b> Sorties physiques de l'API.....	76

## Introduction Générale

L'automatisme industriel est l'ensemble des technologies utilisant l'électronique, l'électrotechnique, la mécanique, la télécommunication afin de concevoir des machines ou des processus automatisés qui peuvent fonctionner sans intervention humaine.

On retrouve l'automatisme industriel dans plusieurs secteurs comme l'agroalimentaire avec les lignes de conditionnement et les machines spéciales, la chimie, l'industrie pétrolière, les usines de production d'électricité, l'industrie pharmaceutique etc...L'automatisme industriel correspond aux automatismes séquentiels et couvrent l'ensemble des systèmes de contrôle-commande permettant de superviser ou de piloter une chaîne de production.

Chaque système automatisé possède une partie commande et une partie opérative. Dans la partie commande, l'automate programmable représente l'élément principal de la machine ou de l'installation, car c'est celui qui renferme le programme et doit procéder à son exécution en fonction de l'état des entrées et des sorties, mais la partie opérative représente en général le moteur ou bien les paramètres gérés.

Notre contribution vient au niveau de l'automatisation dans l'étude et de la fabrication d'un modèle éducatif pour une chaîne industrielle.

Notre mission est de fabriquer une chaîne industrielle qui permet à un étudiant de comprendre plus facilement les principes des systèmes automatisés et lui permet d'apprendre la connectivité électrique et la programmation industrielle.

Ce mémoire se compose de quatre chapitres qui sont exposés de manière séquentielle :

- **Le chapitre 1** est consacré à la compréhension des systèmes automatisés et la présentation des différentes parties et appareillages d'un système automatisé,
- **Le chapitre 2** est destiné à la définition et la présentation des différents types d'automate. Ensuite, nous présentons l'architecture, la protection les critères de choix d'automate, ETUDE DE L'AUTOMATE S7-1200, Logiciel de programmation (TIA Portal) et Grafcet
- **Le chapitre 3** est dédié à la réalisation de notre maquette et de son câblage et à la programmation de l'automate choisi.

En fin, notre travail est terminé par une conclusion et nos perspectives.

**CHAPITRE I :**  
**GENERALITES SUR L'AUTOMATISME**

## **I.1 Introduction**

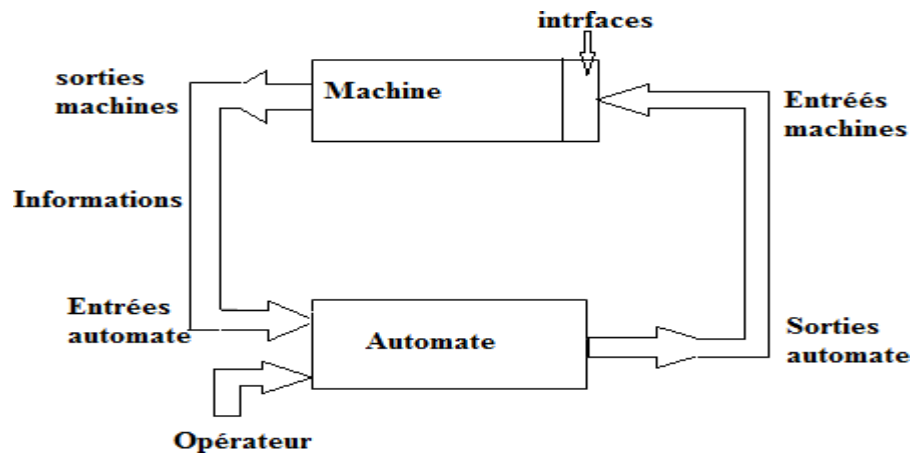
Les premiers systèmes conçus ont été des systèmes non mécanisés, c'est à dire des systèmes pour lesquels l'opérateur apporte non seulement son savoir-faire mais aussi l'énergie nécessaire à la modification de la matière d'œuvre. Les effecteurs sont les constituants qui permettent de modifier la matière d'œuvre. Une des premiers objectifs de l'automatisation est de supprimer les tâches pénibles, diminuer l'effort que doit fournir.

La première évolution des systèmes est la mécanisation qui permet de limiter l'énergie apportée par l'opérateur. L'énergie est fournie par le milieu extérieur au système. L'opérateur autorise ou non le passage de l'énergie pour permettre la modification de la matière d'œuvre.

## **I.2 Définition d'un automatisme**

D'une façon générale, un automatisme est un dispositif qui permet à des machines ou des installations de fonctionner avec une intervention de l'homme réduite au strict minimum et qui peut :

- prendre en charge des tâches répétitives, ou dangereuses, ou pénibles à exécuter;
- contrôler la sécurité du personnel et des installations ;
- accroître la production et la productivité, réaliser des économies de matière et d'énergie ;
- accroître la flexibilité des installations pour modifier des produits ou des rythmes de fabrications...



**Fig. I. 1: structure générale d'un automatisme**

Un automatisme industriel est généralement conçu pour commander une machine ou un group de machines.

On appelle cette (ou ces) machine la "partie opérative" du processus, alors que l'ensemble des composants d'automatisme fournissant les informations qui servent à piloter cette partie opérative est appelé "partie commande". C'est l'ensemble de la partie opérative et de la partie commande qui constitue l'automatisme complet.[1]


La Partie Commande mémorise le savoir faire des opérateurs pour obtenir la suite des actions à effectuer sur les matières d'œuvre, afin d'élaborer la valeur ajoutée.

Elle exploite un ensemble d'informations prélevées sur la Partie Opérative pour élaborer la Succession des ordres nécessaires pour obtenir les actions souhaitées [1]

*Donc un système automatisé est un ensemble qui après avoir reçu des instructions fournis par un operateur décide et agit, se substituant à l'homme.*



**I.2.1 Exemples de systèmes automatisés (Figure 2)**

Un distributeur de boissons	Un feu de croisement	L'accès à un parking payant	Passage à niveau
			

**Fig. I. 2: Exemples de systèmes automatisés.**

**I.2.2 Autres exemples de systèmes automatisés :**

- Ascenseur ;
- Portes coulissantes de magasin ;
- Domaine agricole (Exemples 1 et 2 ci-dessous) ;
- Etc.

Par contre, dans un système mécanique, l'utilisateur commande et contrôle l'ensemble des opérations [4]

**I.3 Classification des systèmes automatisés**

Les systèmes automatisés sont classés selon deux catégories :

- La catégorie dite le système logique.
- La catégorie dite le système asservi

**I.3.1 Les systèmes logiques :**

Ils réalisent des opérations prédéterminées (par câblage ou par programmation).

Exemples : store automatisé, machine à café,...

**I.3.2 Les systèmes asservis :** A chaque instant, la sortie est mesurée, comparée à l'entrée, afin d'agir sur la commande.

Exemple : régulation de la température d'une chaudière, régulation de la pression d'un compresseur d'air, ou tout simplement la régulation d'une grandeur physique. [2]

#### **I.4 Objectifs de l'automatisation :**

L'automatisation permet à l'entreprise d'améliorer sa compétitivité (coûts des produits, qualité, adaptabilité à la demande, ...). Elle a pour objet d'associer moyens de production et moyens de commande automatique qui permettent d'assurer la reproductibilité du résultat de la manière la plus autonome possible (plus au moins indépendant des interventions humaines). Elle s'exprime en termes d'objectifs:

1. Augmenter la productivité: fabriquer le maximum de produits pendant le minimum de temps.
2. Améliorer la flexibilité de production: cela consiste à fabriquer le maximum de variétés de produits, avec le même équipement.

Ce qui nécessite l'utilisation de système de production ayant la capacité de:

- a. s'adapter rapidement aux changements de caractéristiques des produits à fabriquer, en reconfigurant la circulation des produits et des opérations,
  - b. répondre dans les plus brefs délais aux variations du volume des commandes, sans créer des stocks inutiles.
3. Améliorer la qualité des produits.
4. Intégrer gestion et production:
- a. contrôler le flux de production,
  - b. disposer de données technico-économiques sur la production,
  - c. simuler des programmes de production.
5. Améliorer les conditions de travail du personnel:
- a. supprimer la pénibilité,

b. améliorer la sécurité.

6. Permettre de réaliser des travaux dans des milieux hostiles et suppléer l'homme dans des situations de conduite dangereuses (fond de mer, centrales nucléaires, usines chimiques, domaine spatial,...)[2]

### **I.5 Conduites et surveillance d'un système automatisé :**

Il est difficile, dans la pratique, d'intégrer dans une partie de commande (PC) la totalité des savoir-faire humains. En effet, l'automatisation reste souvent partielle c'est-à-dire certaines tâches restent confiées à des intervenants humains. Ces tâches peuvent être classées en deux catégories: **Conduite** et **Surveillance**. [3]

#### **I.5.1 Conduite :**

Cette catégorie regroupe les opérations de mise en marche du système, d'initialisation, de spécifications des consignes de fonctionnement, etc.

#### **I.5.2 Surveillance :**

Le modèle de fonctionnement de la partie commande (PC) (choisi par le concepteur) correspond à un ensemble de situations prévues c'est-à-dire retenues par le concepteur parmi un ensemble de situations possibles. De ce fait, il est indispensable de pouvoir faire face à des situations non prévues (non retenues pour des raisons économiques compte tenu de leur faible probabilité d'apparition). A ce niveau, seul l'opérateur est appelé à intervenir et à prendre les décisions requises par cette situation. Il assure donc une fonction de surveillance.[3]

### **I.6 Fonction globale d'un système automatisé**

La fonction globale de tout système automatisé, donnée par la Figure 5, est de conférer une valeur ajoutée à un ensemble de matière d'œuvre (MO) dans un environnement ou contexte donné

Toute l'énergie nécessaire à la transformation du produit est fournie par une source extérieure; le constituant automate dirige la succession des opérations. L'homme surveille le système et peut dialoguer avec lui par l'intermédiaire du pupitre.

### I.7 Principales formes de Matière d'œuvre et Valeur ajoutée

La matière d'œuvre peut prendre les principales formes suivantes :

- un produit ou une matière  
les minerais et l'ensemble des produits manufacturés sont des produits ayant ou devant subir une modification, sont des matières d'œuvre.
- de l'énergie :  
L'énergie, de sa source (hydraulique, vent, solaire, nucléaire, chimique) doit subir des transformations pour être utilisable.
- de l'information :  
l'information peut prendre une multitude de forme, du signal binaire élémentaire, à l'affichage sur une télévision en passant par celle circulant sur Internet, pour être utilisable l'information doit subir des modifications.

#### Valeur Ajoutée

Le système fait passer la matière d'œuvre d'un état initial à un état final en créant une valeur ajoutée.

La finalité d'un système est d'apporter à la matière d'œuvre une valeur ajoutée.

#### Principales formes de Valeur Ajoutée

Les principales modifications que l'on peut apporter à une matière d'œuvre sont en général :,

- lié à la forme  
toutes les modifications de forme, de propriétés (pliage, emballage, magnétisation, peinture,...)
- lié à l'espace  
le déplacement est la valeur ajoutée associée à l'espace
- lié au temps  
le stockage est la valeur ajoutée associée au temps.[8]

### I.8 Structure générale d'un automatisme

Chaque processus industriel de fabrication ou de transformation se compose d'un ensemble de machines destinées à réaliser la fabrication ou la transformation considérée.

Chaque machine ou partie opérative comprend un ensemble de moteurs, Vérins, Vannes et autres dispositifs qui lui permet de fonctionner. Ces moteurs, Vérins, Vannes et autres dispositifs s'appellent actionneurs. Ils sont Pilotés par un automate ou partie commande. Cette

partie commande élaborée les ordres transmis aux actionneurs à partir des informations fournies par la machine au moyen d'interrupteurs de position, thermostats, manostats et autres dispositifs appelés capteurs.

La partie commande reçoit également des informations transmises par un opérateur en fonctionnement normal, ou un dépanneur en cas de réglage ou de mauvais fonctionnement de la partie commande ou de la partie opérative. Entre la partie commande et l'homme se trouve la partie dialogue qui permet à ce dernier de transmettre des informations au moyen de dispositifs adaptés (boutons poussoirs, commutateurs, etc....).

De même, la partie commande retourne vers l'homme des informations sous des formes compréhensibles par lui (voyants, afficheurs, cadrans, etc....). Ainsi, entre l'homme et la partie opérative s'instaure un dialogue homme-machine.[5]

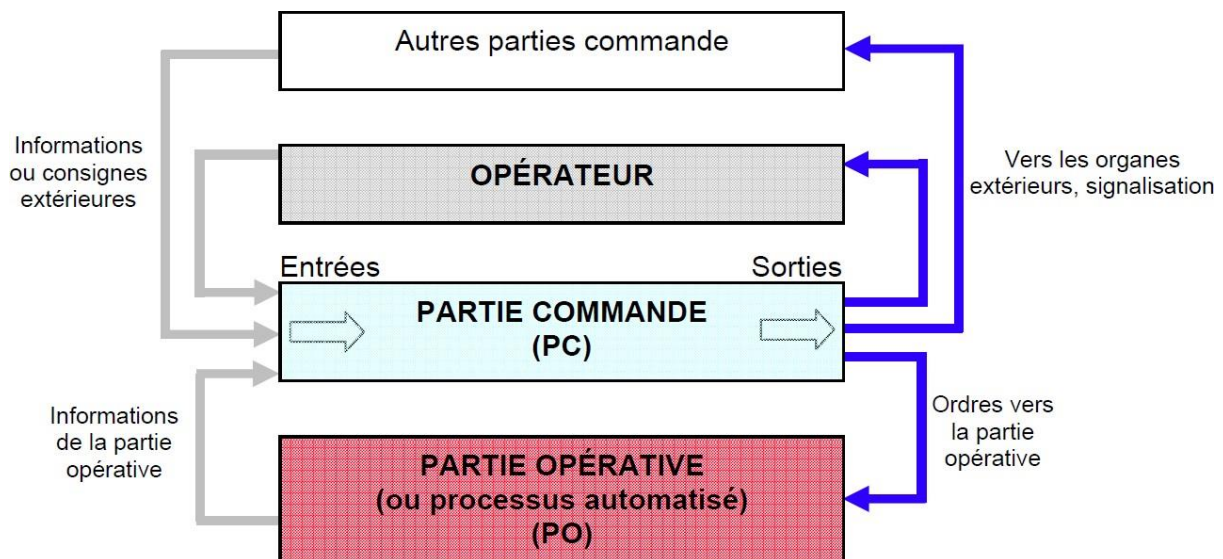


Fig. I. 3: Structure générale d'un automatisme

## I.9 Les différentes technologies utilisées dans les systèmes automatisés

### I.9.1 Les principales technologies rencontrées dans les systèmes automatisés sont

- Electricques.
- L'électronique.
- Pneumatiques.
- Hydrauliques.
- Informatique (Les microcontrôleurs et Les API).

Les possibilités de combinaison technologie entre la partie opérative et la partie commande sont multiple :

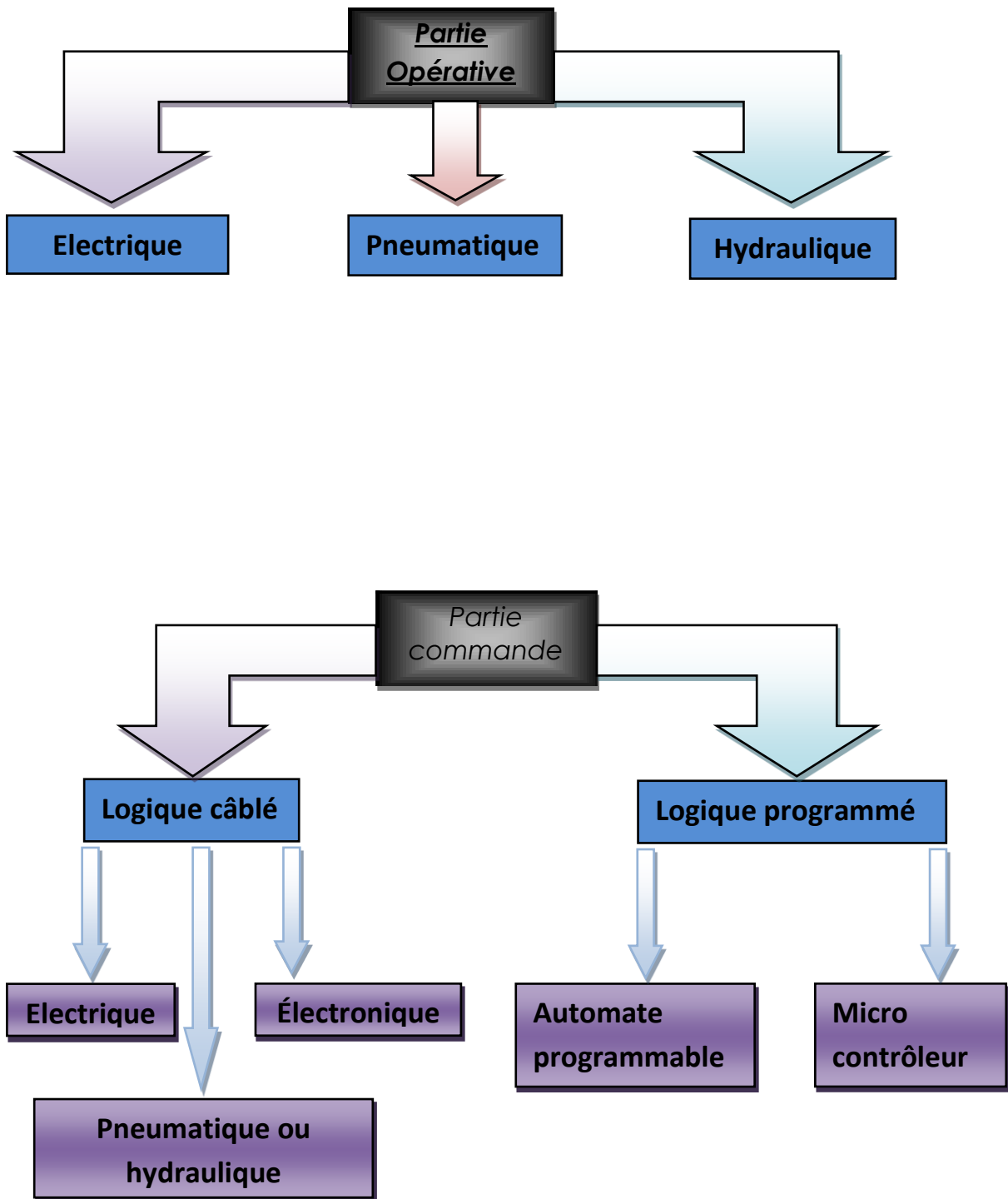


Fig. I. 4: Les possibilités de combinaison technologie entre la partie opérative et la partie commande

**I.10 Les énergies utilisées dans les systèmes automatisés**

Le choix technologique doit être optimisé sur chaque machine en tenant comptes des besoins qui sont proposés pour obtenir un bon résultat.[4]

**Tableau. I. 1 : Les énergies utilisées en la partie opérative et la partie commande**

Partie Opérative	Partie Commande
Choix entre : -Moteurs électriques, bobines. -moteurs ou Vérins hydrauliques. -Vérins pneumatiques.	Choix entre : -Commande électrique a un ou plusieurs contacte. -Commande pneumatique. -Automate programmable. -Micro et mini ordinateurs industriels. -Cartes électroniques standards. -Cartes électroniques spécifiques ....

**Cette dernière énergie se devisé en trois organes :**

- Pneumatiques.
- hydrauliques.
- électriques.

**I.11 Organisation d'un système automatisé :**

Tout système automatisé peut se décomposer selon le schéma ci-dessous en trois parties : post de contrôle, partie de commande et partie opérative

**I.11.1 Le poste de contrôle.**

Le poste de contrôle est composé des pupitres de commande et de signalisation. Il permet à l'opérateur de commander le système (marche, arrêt, départ cycle ...).Il permet également de visualiser les différents états du système à l'aide de voyants, de terminal de dialogue ou d'interface homme machine (IHM) de type écran, clavier ou imprimante.[6]

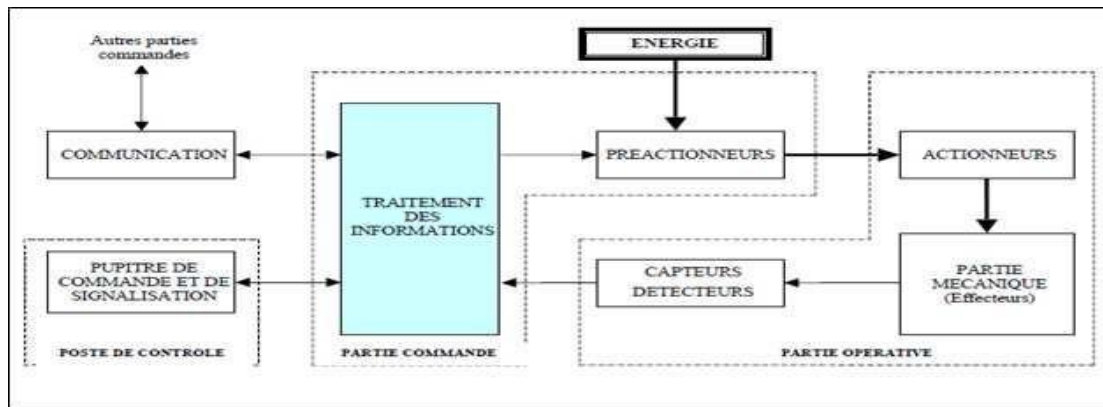


Fig. I. 5: Structure d'un système automatisé

**Fig. I. 1 : Structure d'un système automatisé**

### I.11.2 La Partie commande

La partie de commande a pour tâche de donner les ordres de fonctionnement à la partie opérative. Elle est constituée de pré-actionneurs qui permettent de commander les actionneurs. Ils assurent le transfert d'énergie entre la source de puissance et les actionneurs. Ces pré-actionneurs sont commandés à leur tour par le bloc de traitement des informations. Celui-ci reçoit les consignes du pupitre de commande (opérateur) et les informations de la partie opérative transmises par les capteurs/détecteurs. En fonction de ces consignes et de son programme de gestion des tâches implanté dans un automate programmable (logique programmée) ou réalisé par des relais (logique câblée). Elle va commander les pré- actionneurs et renvoyer des informations au pupitre de signalisation ou à d'autres systèmes de commande et/ou de supervision en utilisant un réseau et un protocole de communication.[6]

### I.11.3 La Partie opérative

La partie opérative agit sur la matière d'œuvre afin de lui donner sa valeur ajoutée. Elle comporte:

- Les actionneurs : (moteurs, vérins) qui agissent sur la partie mécanique du système qui agit à son tour sur la matière d'œuvre,
- Les capteurs / détecteurs : permettent d'acquérir les divers états du système,



**I.12 Partie commande**

La partie commande est constitué de l'automate programmable industriel (API) et des pré-actionneurs

**I.12.1 Pré actionneur :**

Le pré actionneur est donc là pour s'occuper de distribuer une énergie forte adaptée à l'actionneur en fonction de la commande (énergie faible) venant de l'A.P.I. La raison d'être du pré actionneur réside donc dans les problèmes de distribution de l'énergie à l'actionneur.

Les prés actionneurs font partie de la chaîne d'action d'un système automatisé. Les prés actionneurs sont les interfaces entre la Partie Commande et la Partie Opérative. Ils distribuent, sur ordre de la Partie Commande, l'énergie de puissance aux actionneurs.[4]

**I.12.2 Pré actionneurs électriques :**

Parmi les prés actionneurs électriques les plus utilisés on trouve les relais et les contacteurs.

Ces dispositifs permettent de commander un circuit de puissance à partir d'un circuit de commande.

**I.12.2.1 Le contacteur :**

Le contacteur est composé de contacts distribuant l'énergie à l'actionneur et d'un électro-aimant agissant sur ces contacts. En l'absence d'ordre de la P.C., les contacts sont au repos .[6]

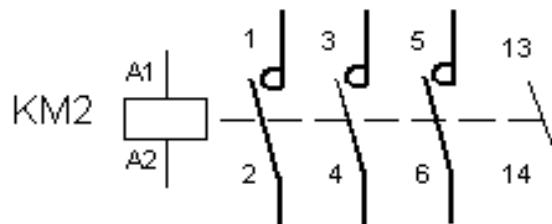
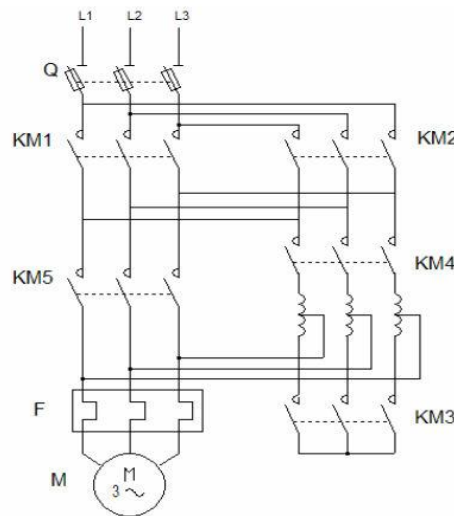


Fig. I. 6: Symbole électrique d'un contacteur

**Fig. I. 2 : Symbole électrique d'un contacteur**

### I.12.2.2 Schéma de câblage d'un moteur avec un contacteur



**Fig. I. 7: Schéma de câblage d'un moteur avec un contacteur**

- Q : fusible sectionneur.
- KM1 : contacteur sens1.
- KM2 : contacteur sens2.
- KM3 : contacteur couplage étoile de l'autotransformateur.
- KM4 : contacteur alimentation de l'autotransformateur.
- KM5 : contacteur moteur
- F : relais thermique

### I.12.2.3 Principe :

Ce démarrage s'effectue en deux temps :Alimenter le stator sous une tension réduite par insertion dans chacune des phases du stator d'une ou plusieurs résistances Alimenter le stator par la pleine tension du réseau en court-circuitant les résistances lorsque la vitesse du moteur atteint 80% de la vitesse nominale.

Quand l'automate envoie l'ordre de commande (signal de 24 V), le courant électrique crée un champ magnétique dans la bobine, qui pousse la barre de commande. Les contacts changent alors d'état. Dès la disparition de l'ordre, les contacts reprennent leur état de repos. [6]

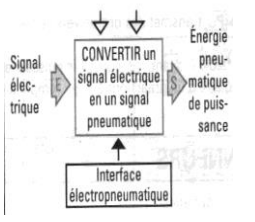

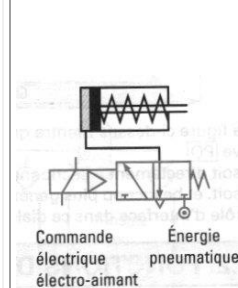
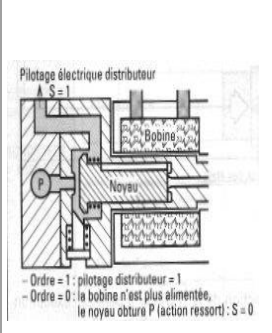
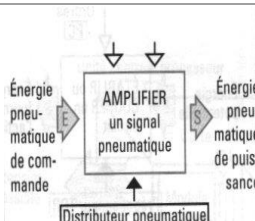

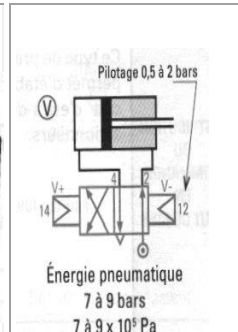
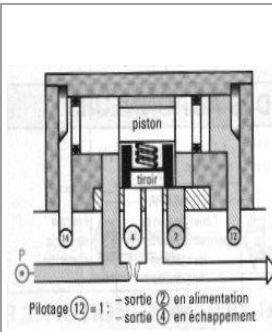
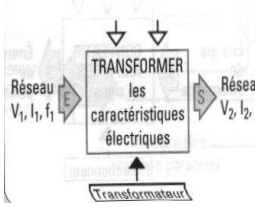
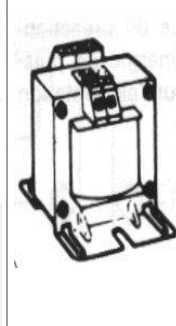
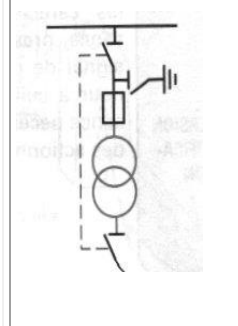
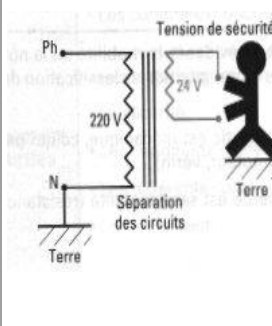
### I.12.2.4 Caractéristique et choix d'un contacteur

Les caractéristiques d'un contacteur sont :

- la tension d'emploi assignée,

- courant d'emploi assigné,
- fréquence assignée,
- catégorie d'emploi,
- facteur de marche,
- fréquence de manœuvre, endurance électrique.[6]

I.12.2 Autres prés actionneurs :

Fonction d'usage	Visualisation	Symbole implanté	Principe de fonctionnement	Observations de applications
<p>Convertir un signal électrique en signal pneumatique</p> 				<p>commande simple d'un circuit pneumatique</p>
<p>Amplifier un signal pneumatique</p> 			 <p>Pilote (12) = 1 : - sortie (2) en alimentation - sortie (4) en échappement</p>	<p>Commande puissante d'un circuit pneumatique</p>
<p>Transformer les</p> 				<p>Adapter les caractéristiques électriques au l'utilisateur (commande,</p>

caractéristiques électriques				actionneur..)
---------------------------------	--	--	--	---------------

### I.13 Partie opérative

La partie opérative est l'ensemble des moyens techniques qui effectuent directement le processus de transformation de la matière d'œuvre à partir des ordres fournis par la partie commande et l'opérateur. Les informations circulent d'une partie à l'autre par l'intermédiaire d'interfaces. Elle regroupe l'ensemble des opérateurs techniques qui assurent la production des effets utiles lesquels le système automatisé a été conçu. On retrouve dans la partie opérative les actionneurs et les capteurs.

#### I.13.1 Actionneurs :

Sont placés dans la Partie Opérative d'un système automatisé, les Actionneurs permettent de transformer l'énergie reçue électrique en un phénomène mécanique physique (aspiration déplacement, dégagement de chaleur, émission de lumière ...).

Les composants permettant de mettre en mouvement les organes de machines sont appelés actionneurs. Ce sont essentiellement des moteurs et des vérins. Ils produisent de l'énergie mécanique à partir d'énergie électrique, mais sont presque toujours contrôlés par des signaux de commande électriques. Les actionneurs sont souvent complétés par des accouplements mécaniques et/ou des réducteurs pour réduire la vitesse. [4]

### I.13.1.1 Les Moteurs électriques :



**Fig. I. 8: Moteurs électriques**

Les moteurs électriques sont des actionneurs électriques, disponibles dans une très large gamme de puissance (de  $<10$  mW à  $>100$  MW). Faciles à mettre en œuvre, ne présentant que peu de problèmes d'usure, ils sont utilisés pour pratiquement tous les mouvements rotatifs et une très grande partie des mouvements linéaires des machines et installations. Leur temps de réponse pouvant être de l'ordre de 0,1 milliseconde, ils sont également appréciés pour toutes les applications à forte dynamique et grande précision. Le grand nombre de fournisseurs et la diversité des technologies sont également des avantages significatifs. De plus, l'énergie électrique est plus souple d'emploi et se prête facilement aux commandes et réglages automatiques.

Un moteur électrique fonctionne grâce à une alimentation électrique, via un disjoncteur qui présente le pré actionneur. [2]

#### I.13.1.1.1 Moteur à courant alternatif :

Pour les applications de faible et moyenne puissance (jusqu'à quelques kilowatts), le réseau *monophasé* standard suffit. Pour des applications de forte puissance, les moteurs alternatifs sont généralement alimentés par une source de courants polyphasés. Le système le plus fréquemment utilisé est alors le *triphase* (phases décalées de  $120^\circ$ ) utilisé par les distributeurs d'électricité.

**Ces moteurs alternatifs se déclinent en trois types :**

- Les moteurs universels.
- Les moteurs synchrones.
- Les moteurs asynchrones.

**I.13.1.1.1 Les moteurs universels :**

Un **moteur universel** est un moteur électrique fonctionnant sur le même principe qu'une machine à courant continu à excitation série : le rotor est connecté en série avec l'enroulement inducteur. Le couple de cette machine indépendant du sens de circulation du courant est proportionnel au carré de son intensité. Il peut donc être alimenté indifféremment en courant continu ou en courant alternatif, d'où son nom. Pour limiter les courants de Foucault qui apparaissent systématiquement dans toutes les zones métalliques massives soumises à des champs magnétiques alternatifs, son stator et son rotor sont feuilletés. [2]

**I.13.1.1.2 Les moteurs synchrones :**

**Fig. I. 9: Une génératrice synchrone de 2000 kVA datant de 1920**

**Le moteur synchrone** est souvent utilisé comme générateur. On l'appelle alors **alternateur**. Mis à part pour la réalisation de groupe électrogène de faible puissance, cette machine est généralement triphasée. Pour la production d'électricité, les centrales électriques utilisent des alternateurs dont les puissances peuvent avoisiner les 1500 MW.

Les moteurs synchrones sont également utilisés dans les systèmes de traction (tel le TGV). Ces moteurs sont associés à des onduleurs de courants, ce qui permet de fixer le couple

moteur moyen constant avec un minimum de courant. On parle d'autopilotage (asservissement des courants statoriques par rapport à la position du rotor). [2]

#### I.13.1.1.3 Les machines asynchrones :



**Fig. I. 10: Moteur asynchrone**

Le moteur **asynchrone**, connue également sous le terme « anglo-saxon » de **moteur à induction**, est un moteur à courant alternatif sans connexion entre le stator et le rotor. Le terme **asynchrone** provient du fait que la vitesse de ces machines n'est pas forcément proportionnelle à la fréquence des courants qui les traversent. [2]

#### I.13.1.1.2 Moteur à courant continu :

Un moteur à courant continu est une machine électrique. Il s'agit d'un convertisseur électromécanique permettant la conversion bidirectionnelle d'énergie entre une installation électrique parcourue par un courant continu et un dispositif mécanique. Elle est aussi appelée dynamo. Il transforme l'énergie mécanique en énergie électrique.

#### I.13.1.1.3 Moteurs pas à pas :



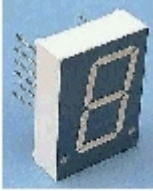

**Fig. I. 11: Deux moteurs pas à pas**

Un autre genre de moteur électrique est le **moteur pas à pas**. Un rotor interne contenant des aimants permanents est déplacé par un ensemble d'électroaimants placés dans le stator commutés par une électronique de puissance. L'alimentation ou non de chacun définit une position angulaire différente (l'enchaînement permet le mouvement). Les moteurs pas à pas simples ont un nombre limité de positions, mais les moteurs pas à pas à commande proportionnelle (alimentation variable des bobines) peuvent être extrêmement précis. On parle alors de « micro pas » puisque le moteur peut s'équilibrer entre deux pas.



Ces moteurs commandés par une électronique numérique sont une des formes les plus souples des systèmes de positionnement, en particulier dans les organes servocommandés numériquement : exemple, les moteurs de positionnement des têtes de lecture/écriture des disques durs d'ordinateur ont longtemps été positionnés par ce type de moteur, désormais trop lents pour cette application, ils ont été remplacés par des **moteurs linéaires à impulsion** beaucoup plus rapides. [2]

**I.13.1.2 Autres actionneurs :**

Le tableau I.1 présente les différents éléments d'autres actionneurs qui se trouvent dans le domaine industriel.

 <p>Afficheur 7 segments</p>	<p>C'est un actionneur qui permet, à partir d'une tension électrique, d'afficher un numéro compris entre 0 et 9.</p>
 <p>Voyants</p>	<p>C'est un actionneur qui permet, à partir d'un courant électrique, de produire un signal lumineux. On l'utilise, par exemple, pour avertir l'utilisateur de l'état de fonctionnement d'une machine.</p>



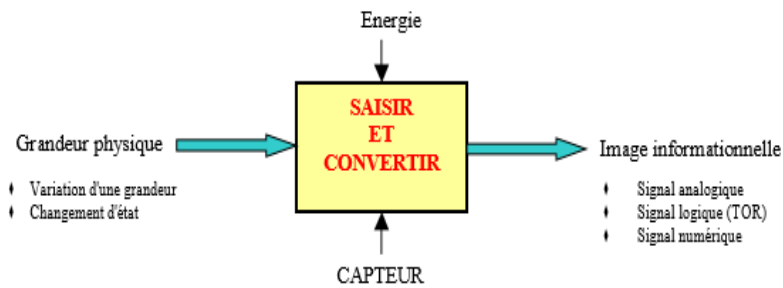
 <p>Electrovanne</p>	<p>C'est un actionneur qui permet de contrôler, à partir d'un courant électrique, le débit d'un liquide. On l'utilise par exemple dans un système d'arrosage automatique.</p>
 <p>Buzzer</p>	<p>C'est un actionneur qui permet, à partir d'un courant électrique, de produire un bruit.</p>

### I.13.2 Capteurs:

#### I.13.2.1 Définition :

Un capteur est un organe de prélèvement d'informations qui élabore, à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur physique de nature différente (généralement électrique) représentative de la grandeur prélevée, et utilisable à des fins de mesure[10]

Représentation fonctionnelle :



**Fig. I. 12: Représentation fonctionnelle**

### I.13.2.1 Rôle du capteur:

Parmi les informations de toutes natures issues de notre environnement, on distingue les grandeurs physiques associées à des événements climatiques, géométriques ou encore lumineux ou temporels. Le rôle du capteur est de rendre exploitable ces différentes grandeurs physiques en vue de leur traitement ultérieur.

- Mesure de présence : indique la présence d'un "objet" à proximité immédiate;
- Mesure de position, de déplacement ou de niveau : indique la position courante d'un objet animé d'un mouvement de rotation ou de translation; Mesure de vitesse : indique la vitesse linéaire ou angulaire d'un "objet";
- Mesure d'accélération, de vibrations ou de chocs;
- Mesure de débit, de force, de couples, de pressions;
- Mesure de température, d'humidité. [10]

Eléments constitutifs d'un capteur :

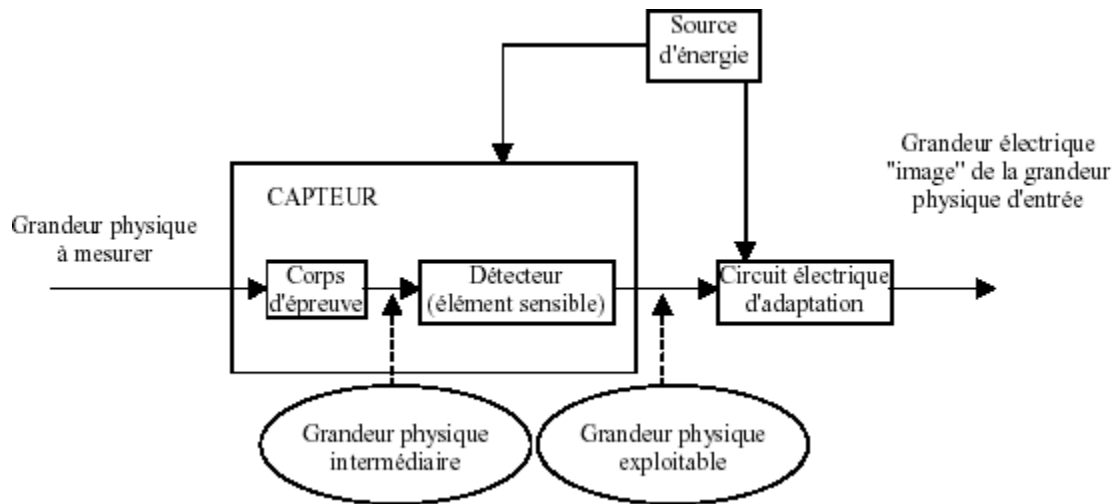


Fig. I. 13: : Eléments constitutifs d'un capteur

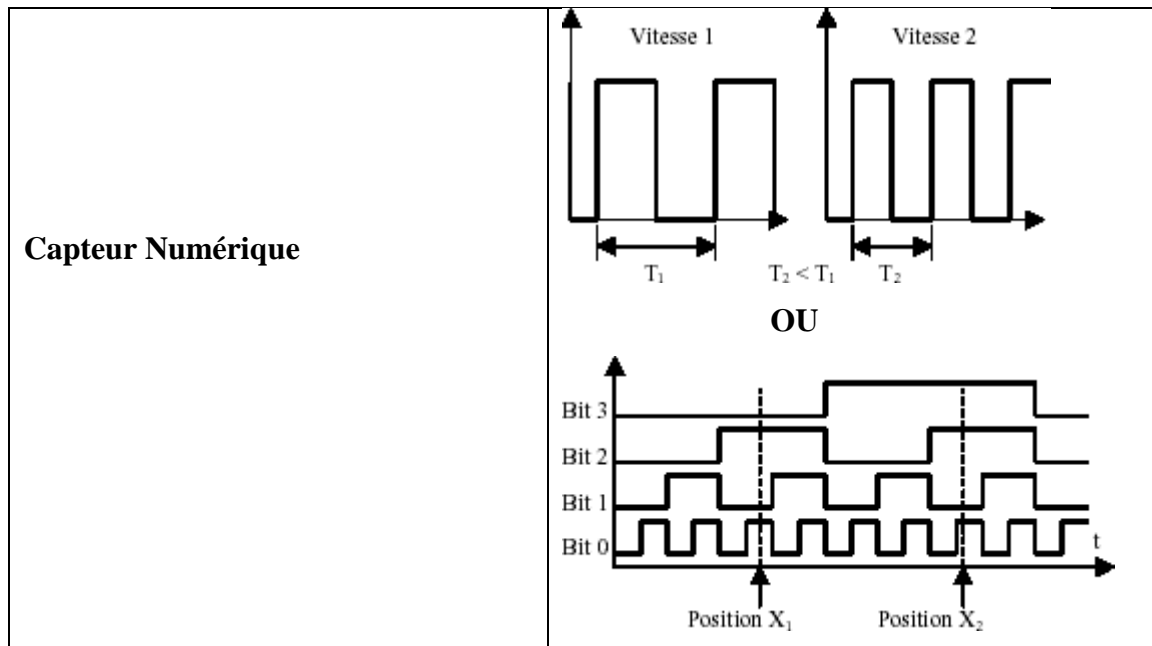
### I.13.2.2 Classification des capteurs

La grandeur de sortie du capteur peut varier :

- de manière binaire (information vraie ou fausse), c'est le capteur Tout Ou Rien (TOR);
- de façon progressive (variation continue), c'est le capteur analogique;
- d'échelon de tension ou de courant, c'est le capteur numérique. [10]:

Exemples :

<p><b>Capteur TOR</b></p>	
<p><b>Capteur Analogique</b></p>	



### I.14 Conclusion

L'automatisation s'est généralisée à l'ensemble des activités de production, tant dans l'industrie, que les activités de services.

Quelle que soit son domaine d'application et la technique auxquelles elle fait appel, l'automatisation s'est constamment développée dans l'unique but de réduire la pénibilité du travail humain et d'améliorer la productivité du travail.

Les besoins de l'automatisation se caractérisent par :

- Un développement massif;
- Une approche de plus en plus globale des problèmes;
- Une intégration dès la conception de l'installation des automates programmables, on est ainsi passé du stade de la machine automatisée à celui du système automatisé de production.

**CHAPITRE II : LES AUTOMATES  
PROGRAMMABLES INDUSTRIELS**

## **II.1 Introduction**

Aujourd'hui L'automate programmable industriel (API) est le constituant le plus répandu des automatismes. On le trouve non seulement dans tous les secteurs de l'industrie, mais aussi dans les services (gestion de parkings, d'accès à des bâtiments) et dans l'agriculture. Il répond aux besoins d'adaptation et de flexibilité de nombres d'activités économiques actuelles. Cette place majeure soulève bien sûr un certain nombre de questions.

## **II.2 Historique**

Les automates programmables industriels sont apparus à la fin des années soixante aux Etats Unis, à la demande de l'industrie automobile américaine (General Motors en leader), qui réclamait plus d'adaptabilité de ses systèmes de commande. Ce n'est qu'en 1971 qu'ils firent leur apparition en France.

Les années soixante-dix connaissent une explosion des besoins industriels dans le domaine de l'automatique, de la flexibilité et l'évolutivité des Systèmes Automatisés de Production (SAP).

Siemens est un groupe allemand. Fonde en 1847 par Werner Von Siemens, il réalise des équipements électroniques et électrotechniques. Son siège est à Munich, et c'est l'une des plus grosses entreprises européennes.

Ce projet européen permet, dans les années 1970, l'émergence d'une grande industrie informatique européenne. Les compétences de trois participants ont été mises en commun. La maîtrise d'œuvre, l'architecture des machines et le logiciel ont été attribués à la Compagnie Internationale pour l'Informatique (CII), la technologie électronique revenait à Philips tandis que Siemens se chargeait des périphériques mécaniques.

En 1975 : la France abandonne unilatéralement l'accord Unidata, CII fusionne avec Honeywell-Bull, Philips délaisse l'informatique et Siemens rejoint Fujitsu pour devenir, aujourd'hui, un des plus grands constructeurs mondiaux

### II.3 Domaines d'utilisation des API

Pour les raisons qui viennent d'être évoquées, les API s'adressent à des applications que l'on trouve dans la plupart des secteurs industriels :

- **Métallurgie et sidérurgie** : pour les problèmes de gaz, de contrôle de qualité.
- **Mécanique et automobile** : commande de machines-outils, robots, machines desoudage.
- **Industries chimiques** : pilotage d'unités de production, dosage et mélange de produits.
- **Industries pétrolières** : commande et la surveillance des pipe-lines, ou affectés aux parcs de changement et la distribution des gaz et des liquides.
- **Industries agricoles et alimentaires** : aux postes de mélanges et de contrôle des produits.
- **Transports et manutention** : tri de paquets, de courrier, gestion mécanisée de parc de stockage, emballage.

L'application des API sont des applications diverses dans tous les domaines industriels.

### II.4 Nature des informations traitées par l'automate[11] :

Les informations traitées par un API peuvent être de type :

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

## II.5 Architecture des A.P.I. [11]

1- Aspect extérieur :

Les automates peuvent être de type **compact** ou **modulaire**.

Les automates type compact ou micro automates intègrent le processeur, l'alimentation, les interfaces d'entrées / sorties. Selon les modèles et les fabricants, ils peuvent réaliser certaines fonctions supplémentaires (comptage rapide, E/S analogiques ...) et recevoir des extensions en nombre limité.

Exemples : LOGO de Siemens, ZELIO de Schneider, S7-200 de Siemens...

Ces automates sont de fonctionnement simple et sont généralement destinés à la commande de petits automatismes.

Pour les automates 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



**Fig. II. 2** : Automate modulaire (Modicon)



**Fig. II. 1** : Automate compact (LOGO)



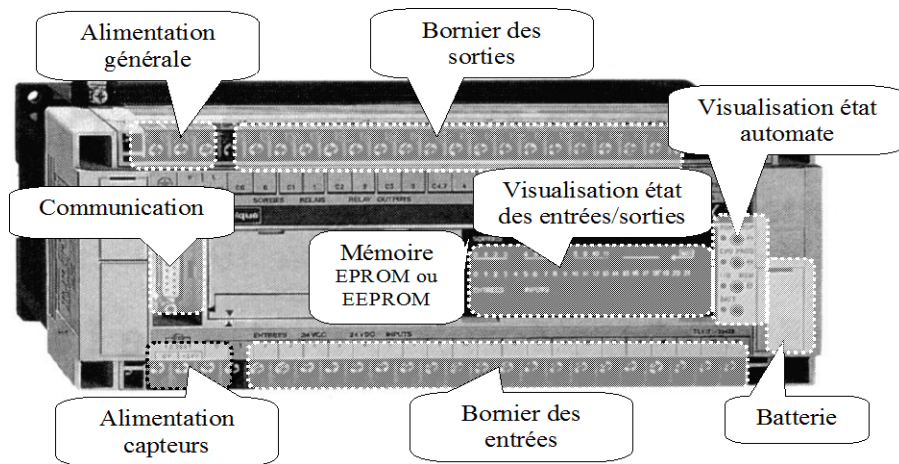


Fig. II. 3 : Structure générale d'un A.P.I

### II.6 Structure d'un système complet

La figure 4 représente un A.P.I. avec divers périphériques et auxiliaires qui représentent son environnement. [11]

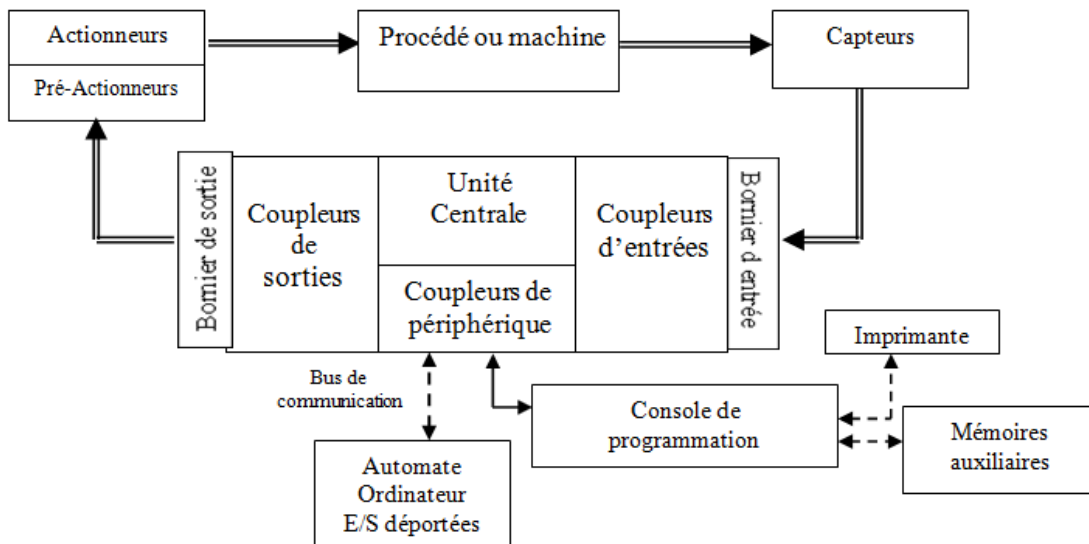


Fig. II. 4 : L'A.P.I et son environnement (= liaisons permanentes ; - temporaire ; --- éventuelle)

### II.6.1 Structure interne de l'automate

L'A.P.I. est constitué principalement de trois parties

- Une **unité centrale** qui est le cerveau qui se trouve derrière toute prise de décision logique.
- Des **coupleurs d'entrées/sorties** qui assurent la liaison entre l'unité centrale et le monde extérieur (capteurs, préactionneurs, etc...)
- Des **coupleurs de périphériques**.

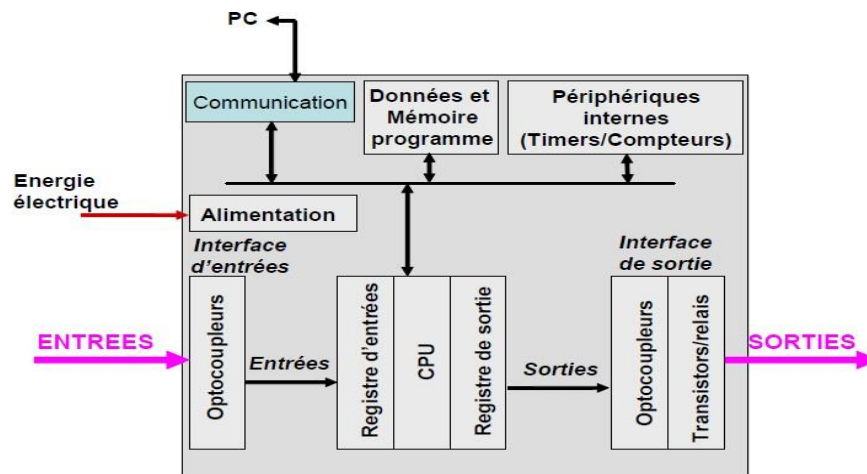


Fig. II. 5 : Structure interne d'un API

Ces éléments communiquent par un bus appelé **Bus d'entrées/sorties**.

#### L'unité centrale [11]

L'UC est caractérisé par son processeur et sa mémoire centrale (voir Fig. II. 6).

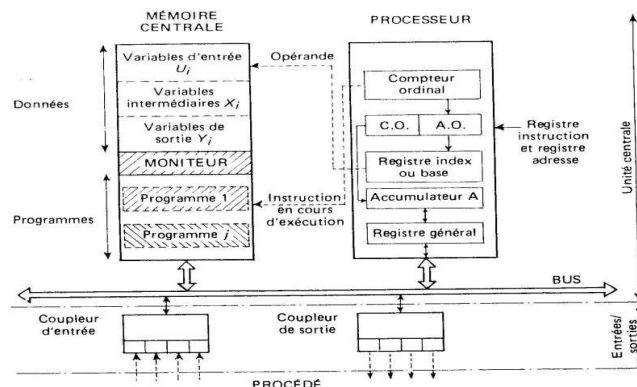


Fig. II. 6 : Structure de l'UC d'un API

---

Le rôle de l'UC est d'exécuter les programmes qui se trouvent dans la mémoire.

### II.6.1.1 Le processeur :

Il gère le fonctionnement de l'automate programmable et exécute les instructions du programme au rythme de son horloge. Il réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation ...).

Les processeurs sont actuellement réalisés par des microprocesseurs. Au début de l'apparition des API, les processeurs étaient des processeurs câblés (réalisés par des circuits logiques séparés) ou des processeurs microprogrammes (qui utilisait la logique programmable).

### II.6.1.2 La mémoire centrale

La mémoire d'un automate comporte une zone programme (ou mémoire programmes ou utilisateurs), une zone données (ou mémoire données) et une zone réservée au moniteur ou système d'exploitation qui est le logiciel de gestion de l'A.P.I. (voir figure 6).

- la mémoire programme : contient les programmes utilisateurs (à exécuter). Elle est en technologie RAM sauvegardée par pile ou batterie ou en EPROM ou actuellement en EEPROM.
- La mémoire données : est organisée de façon spécialisée, elle est câblée directement sur les coupleurs d'entrées elle contient les états des capteurs et pré-actionneurs). Elle est en technologie RAM obligatoirement et généralement sauvegardée par pile ou batterie.

### II.6.1.3 Les coupleurs d'entrées/sorties

Les coupleurs d'entrées/sorties, appelés aussi interfaces d'entrées/sorties, sont des cartes électroniques qui assurent la liaison entre l'UC de l'automate programmable et la Partie Opérative (le processus via les capteurs et les pré-actionneurs).

Les coupleurs d'entrées reçoivent les signaux des capteurs et des commandes de l'opérateur (via le **pupitre de commande**) qu'ils traitent pour les rendre compatibles avec les caractéristiques internes de l'A.P.I.

Les coupleurs de sorties reçoivent les signaux de l'UC. Ils les amplifient et les rendent compatibles avec les pré-actionneurs commandés et les contrôles du **pupitre de commande**.

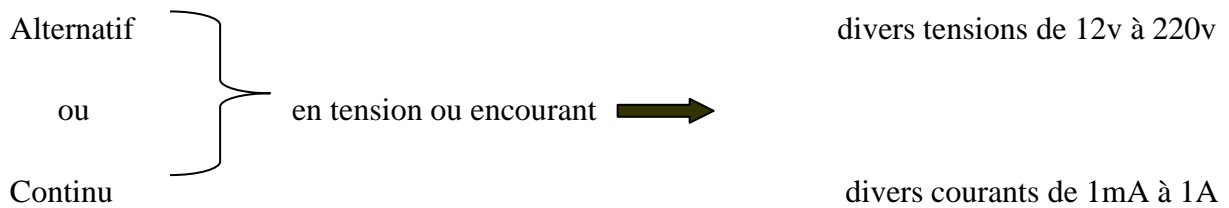
Pour la plupart des A.P.I., les coupleurs sont groupés avec l'UC, mais sont modulaires par carte ou par rack. Le coupleur accède d'une part au bus d'E/S, d'autre part au bornier qui se trouve le plus souvent sur la face avant de l'automate. Certains constructeurs proposent des E/S décentralisées (cartes d'entrées / sorties déportées).

Les A.P.I. offrent une grande variété d'E/S comme :

- E/S T.O.R. (Tout Ou Rien c.à.d binaires ou digital).
- E/S sur mot ou E/S numériques.
- E/S spéciales (modules intelligents) comme les E/S analogiques, les commandes d'axes, les cartes de comptage rapide et les cartes de régulation P.I.D.....

### II.6.1.4 les interfaces d'entrées binaires (T.O.R) [11]

Les informations logiques peuvent être de différente nature :



Le coupleur est alors chargé de rendre compatible ces divers signaux, pour qu'ils soient calibrés en tension et en courant à la logique de l'automate (TTL, CMOS, ...).

figure 8 donne un exemple du schéma d'une entrée binaire :

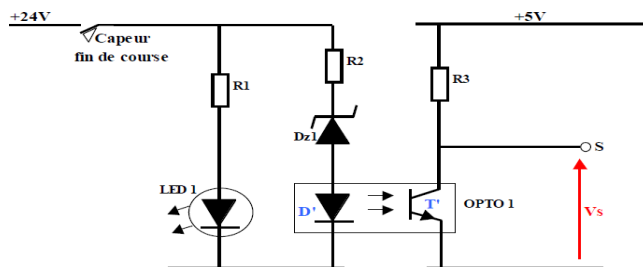


Fig. II. 7 : Exemple du schéma d'une entrée binaire

### II.6.1.5 les interfaces de sorties binaires

Le problème est le même que pour les interfaces d'entrées, mais dans le sens inverse. Le schéma de principe d'une sortie binaire est donné sur la figure 9

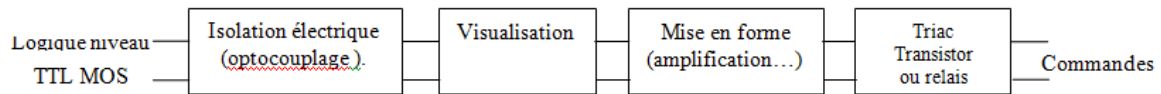


Fig. II. 8 : schéma de principe d'une sortie binaire

La figure 10 donne un exemple du schéma d'une sortie binaire à relais:

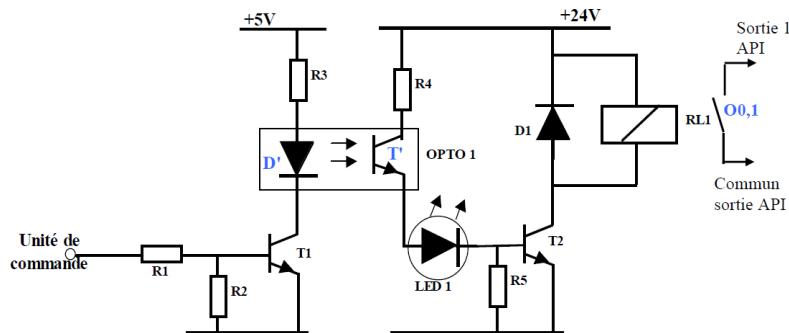


Fig. II. 9 : Exemple du schéma d'une sortie binaire

### I.6.1.6- Les périphériques et leurs coupleurs

Ils sont divers. Les principaux sont les suivants :

- Mémoire de masse
- Imprimantes

Ces périphériques sont en général reliés sur la console de programmation et rarement directement sur l'automate. Leurs interfaces sont classiques en informatique, ils gèrent une transmission soit série soit parallèle de type :

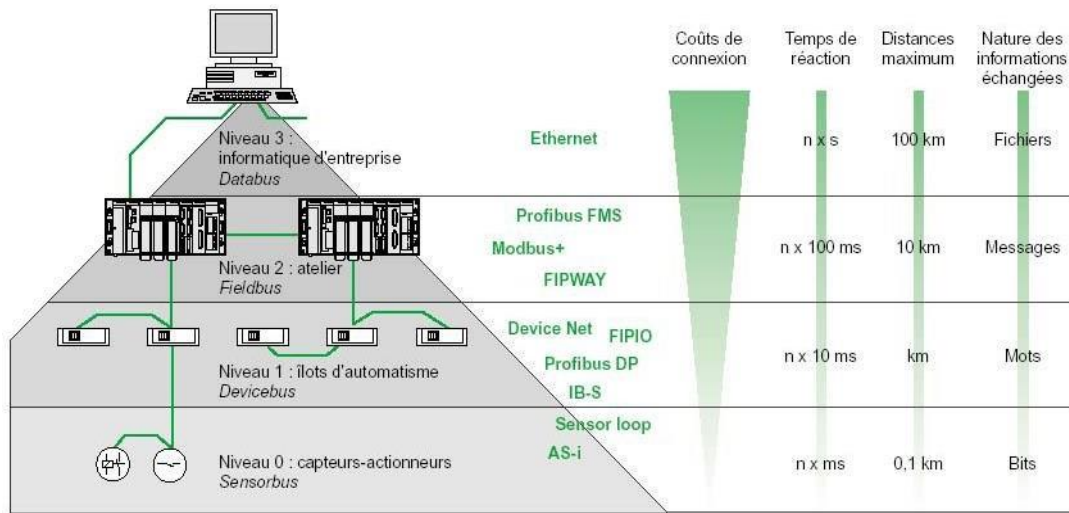
- RS 232C
- USB

Autres automates (superviseurs)

Leurs liaisons sont de deux types :

- Soit par des ports d'E/S de l'automate.
- Soit par une interface spécialisée appelée module ou cartes de communication

(Ethernet ...) assurant une transmission normalisée à travers des **bus de terrain**.



**Fig. II. 10** : Pyramide CIM (Computerized Integration Manufacturing)

## II.1 Câblage des entrées / sorties d'un automate[11] :

### I.7.1 Branchement des Entrées TOR

L'alimentation électrique pour les capteurs /détecteurs peut être fournie par l'automate (en général 24V continu) ou par une source extérieure. L'automate dispose généralement d'un commun à toutes les entrées.

Il est possible de câbler à l'automate, des contacts classiques, mais aussi des capteurs électroniques deux ou trois fils.

### I.7.2 Branchement des sorties

Le principe de raccordement consiste à envoyer un signal électrique vers le pré-actionneur connecté à la sortie choisie de l'automate dès que l'ordre est émis.

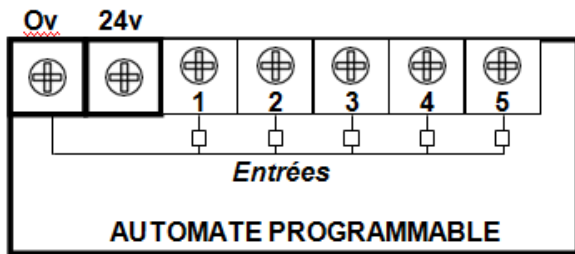
L'alimentation électrique est fournie par une source extérieure à l'automate programmable.

Les sorties comportent généralement un commun pour 3 ou 4 sorties. Cela permet d'alimenter des pré- actionneurs de tensions différentes, sans pour autant effectuer un relaiage. Les sorties de l'automate peuvent être à Triac, à Transistor ou à relais.

**Le commun des entrées doit être relié au 0V**

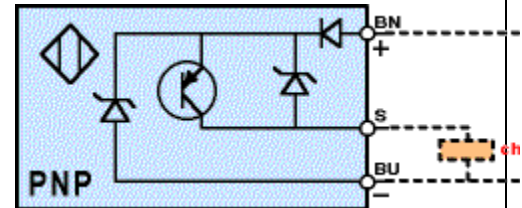
**Alimentation**

**Capteurs**

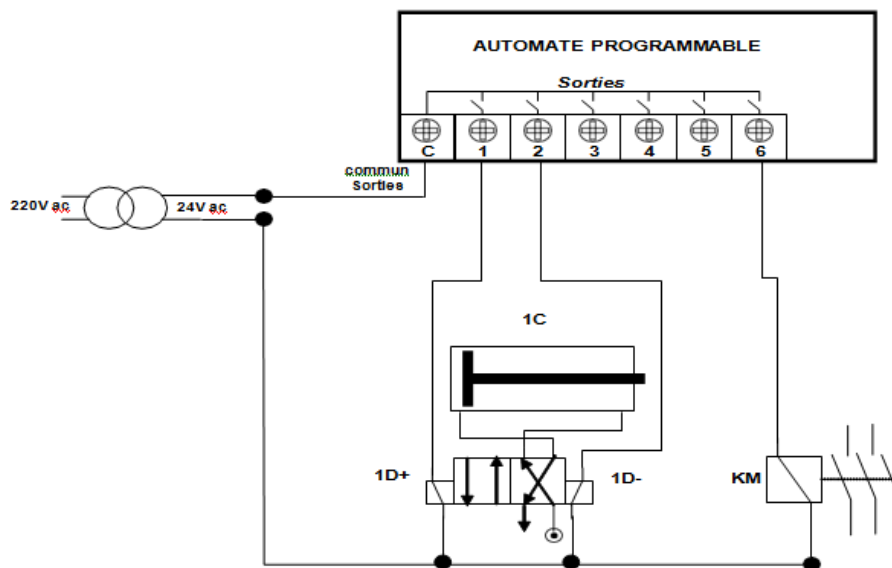


EX : l'API TWIDO fonctionne en logique positive donc pour mettre une entrée automate au 1 logique, il faut lui imposer un potentiel de +24 Volts.

**Les détecteurs 3 fils ou détecteurs électronique de type PNP :**



Lorsque qu'il y a détection, le transistor est passant (contact fermé). Il va donc imposer le potentiel + sur la sortie S. La charge est branchée entre la sortie S et le potentiel - . Ce type de détecteur doit être polarisé comme c'est montré sur la figure ci- contre.



**Fig. II. 11 : exemple de câblage des sorties sur un API**

## **II.2 La console de programmation**

La console de programmation est l'outil privilégié de la communication ' Homme–Machine' pour le développement, la mise au point et, éventuellement, l'exploitation des applications.

Le premier rôle de la console est de transformer le langage de programmation en instructions exécutables par l'automate.

Elle permet lors de la mise au point du programme :

- La simulation pas à pas.
- La détection d'erreur de syntaxe.
- L'introduction, la correction et la modification des programmes (Editeur de textes)

## **II.3 Les langages de programmation des API [12]**

Les applications d'aujourd'hui, pour la plupart, sont en logique programmée, dans laquelle le micro processeur de l' API effectue, dans une boucle sans fin, les équations d'un programme, on parle de scrutation, les logiciels de programmation des API offrent des outils conviviaux pour une implémentation très facile de l'application. Les API sont bien adaptés pour la programmation des machines spéciales. On choisit le langage de programmation le mieux adapté à l'application. La norme CEI 61131 les classe en quatre familles : LD, IL, FBD et ST.

### **I.9.1 Le langage LD**

Le langage LD (Ladder Diagram), ressemble aux schémas électriques à contacts. Le langage LD est une approche aisée et visuelle du problème par des électriciens.



Fonction	Symbole	
	Européen	Américain
Contact ouvert au repos	---o o---	
Contact fermé au repos	---o̅ o̅---	
Début de branchement		
Fin de branchement		
Affectation	---( )---	---( )---

Fig. II. 12 : Symboles usuels en langages LD

### I.9.2 Le langage FBD

Le langage FBD (Function Bloc Diagram), est une programmation graphique. Parmi les langages FBD, on distingue la programmation graphique d'un grafcet et la programmation d'équations en schéma logique.

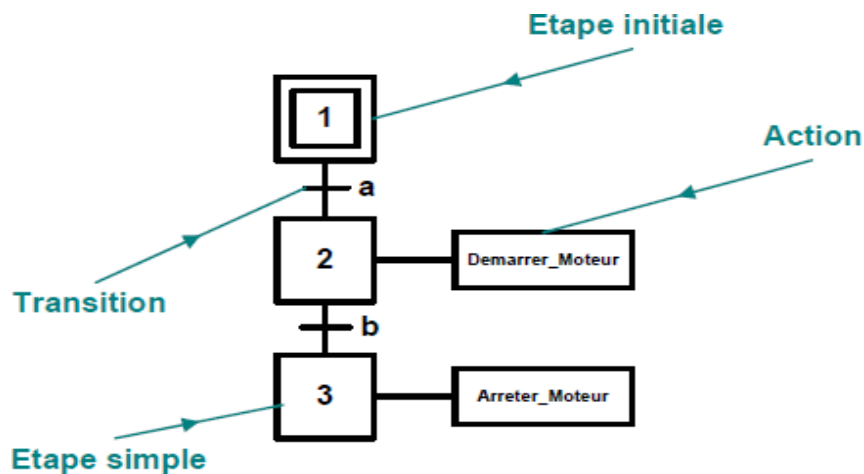


Fig. II. 13 : Exemple d'un Programme grafcet

### I.9.3 Le langage IL

Le langage IL (instruction List), est très proche de l'assembleur. Bien qu'il ne soit pas très lisible, ce langage utilise la totalité des fonctions de l'API. Tous les réseaux de programmation, définis dans un autre langage, sont compilés dans ce langage.

### I.9.4 Le langage ST

Le langage ST (Structured Text), ressemble beaucoup au langage C. C'est un langage structuré qui convient bien pour les applications faisant appel à des calculs compliqués et au traitement des chaînes de caractères.

### I.9.5 Le langage de programmation [12]

Le logiciel Simatic tia portal permet la représentation des équations dans les quatre langages. Le passage, de CONT(LD) en LOG(FBD) et en LIST (IL),se fait instantanément par un simple clic sur la souris. Les réseaux ci-dessous montrent quatre représentation de la programmation de la même équation dans les quatre langages, CONT , LOG, LIST et en langage structuré SCL .

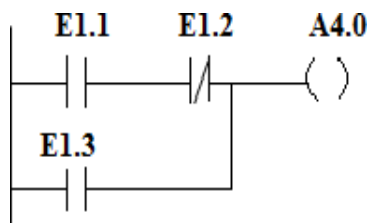


Fig. II. 14 : CONT(LD)

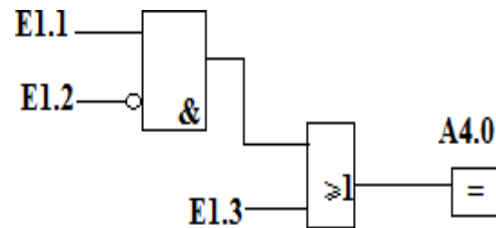


Fig. II. 15 : LOG(FBD)

## II.4 variables traitées par un automate : Références [11]

Les APIs traitent plusieurs types de variables et utilisent des adresses spécifiques ou références pour chacune d'elles :

- variables bit ou (T.O.R.) sous forme d'entrées, sorties ou bit internes appelé memento par certain APIs.
- variables analogique : sous forme d'entrées, sorties ou internes
- variables Numérique: sous forme d'octet, de mots, double mots ou mots flottants.

**Exemples d'adressage:**

Références de l'automate LOGO! : LOGO! met à la disposition du programmeur (version Maxi):

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 24 entrées TOR référencées de <b>I1</b> à <b>I24</b></li> <li>• 16 sorties TOR référencées de <b>Q1</b> à <b>Q16</b></li> <li>• 24 mémentos numériques référencés de <b>M1</b> à <b>M24</b> avec le <b>M8</b> est le memento dedémarrage</li> <li>• 8 bits de registre à décalage référencés de <b>S1</b> à <b>S8</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 entrées analogiques référencées de <b>AI1</b> à <b>AI8</b></li> <li>• 2 sorties analogiques référencées de <b>AQ1</b> à <b>AQ2</b></li> <li>• 6 mémentos analogiques référencés de <b>AM1</b> à <b>AM6</b></li> </ul>
---	--

**II.5 Critères de choix d'un automate**

Le choix d'un automate programmable est en premier lieu le choix d'une société ou d'un groupe. Les contacts commerciaux et les expériences vécues sont déjà un point de départ. Les grandes sociétés privilégieront deux fabricants pour faire jouer la concurrence et pouvoir se retourner en cas de perte de vitesse de l'une d'entre elles. Le personnel de maintenance doit toutefois être formé sur ces matériels et une trop grande diversité des matériels peut avoir de graves répercussions. [13]

Un automate utilisant des langages de programmation de type GRAFCET est également préférable pour assurer les mises au point et dépannages dans les meilleures conditions. La possession d'un logiciel de programmation est aussi source d'économies (achat du logiciel et formation du personnel), des outils permettant une simulation des programmes sont également souhaitables. Il faut ensuite quantifier les besoins :

- Nombre d'entrées / sorties : le nombre de cartes peut avoir une incidence sur le nombre de racks dès que le nombre d'entrées / sorties nécessaires devient élevé.
- Type de processeur : la taille mémoire, la vitesse de traitement et les fonctions spéciales offertes par le processeur permettront le choix dans la gamme souvent très étendue.
- Fonctions ou modules spéciaux : certaines cartes (commande d'axe, pesage ...)

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 ...).

## II.6 Sécurité [11] :

Les systèmes automatisés sont, par nature, source de nombreux dangers (tensions utilisées, déplacements mécaniques, jets de matière sous pression ...).

Placé au cœur du système automatisé, l'automate se doit d'être un élément fiable car :

- un dysfonctionnement de celui-ci pourrait avoir de graves répercussions sur la sécurité des personnes,
- les coûts de réparation de l'outil de production sont généralement très élevés,
- un arrêt de la production peut avoir de lourdes conséquences sur le plan financier. Aussi, l'automate fait l'objet de nombreuses dispositions pour assurer la sécurité :
- Contraintes extérieures : l'automate est conçu pour supporter les différentes contraintes du monde industriel et à fait l'objet de nombreux tests normalisés (tenue aux vibrations, CEM ...)
- Coupures d'alimentation : l'automate est conçu pour supporter les coupures d'alimentation et permet, par programme, d'assurer un fonctionnement correct lors de la réalimentation (reprises à froid ou à chaud)
- Mode RUN/STOP : Seul un technicien peut mettre en marche ou arrêter un automate et la remise en marche se fait par une procédure d'initialisation (programmée)
- Contrôles cycliques : Procédures d'autocontrôle des mémoires, de l'horloge, de la batterie, de la tension d'alimentation et des entrées / sorties
- Vérification du temps de scrutation à chaque cycle appelée **Watchdog** (chien de garde), et enclenchement d'une procédure d'alarme en cas de dépassement de celui-ci (réglé par l'utilisateur)
- Visualisation : Les automates offrent un écran de visualisation où l'on peut voir l'évolution des entrées / sorties

La défaillance d'un automate programmable pouvant avoir de graves répercussions en matière de sécurité, les normes interdisent la gestion des arrêts d'urgence par l'automate ; celle-ci doit être réalisée en technologie câblée.

On peut également ajouter des modules de sécurité à l'automate (sécurité des machines).

Il existe enfin des automates dits de sécurité (APIdS) qui intègrent des fonctions de surveillance et de redondance accrues et garantissent la sécurité des matériels.

## **ETUDE DE L'AUTOMATE S7-1200 CPU 1212C**

### **II.7 Description de l'Automate S7-1200 :**

Le contrôleur S7-1200 offre la souplesse et la puissance nécessaires pour commander une large gamme d'appareils afin de répondre à vos besoins en matière d'automatisation. Sa forme compacte, sa configuration souple et son important jeu d'instructions en font une solution idéale pour la commande d'applications très variées .

La CPU combine un microprocesseur, une alimentation intégrée, des circuits d'entrée et de sortie, un PROFINET intégré, des E/S rapides de commande de mouvement, ainsi que des entrées analogiques intégrées dans un boîtier compact en vue de créer un contrôleur puissant.

Une fois que vous avez chargé votre programme, la CPU contient la logique nécessaire au contrôle et à la commande des appareils dans votre application.

La CPU surveille les entrées et modifie les sorties conformément à la logique de votre programme utilisateur, qui peut contenir des instructions booléennes, des instructions de comptage, des instructions de temporisation, des instructions mathématiques complexes ainsi que des commandes pour communiquer avec d'autres appareils intelligents .

La CPU fournit un port PROFINET permettant de communiquer par le biais d'un réseau PROFINET. Des modules supplémentaires sont disponibles pour communiquer via les Réseaux PROFIBUS, GPRS, RS485 ou RS232. Pour ce projet, le S7-1200 sera programmé en l'aide du logiciel TIAPORTAL sous Windows [17]



**Fig. II. 16 :** Automate programmable S7-1200

### **I.13.1 Choix de la CPU :**

Les CPU du système SIMATIC S7-1200 se déclinent en trois classes de performances : CPU1211 C, CPU1212 C et CPU1214 C, chacune d'elles pouvant être étendue en fonction des besoins de la station. Sur chaque CPU, il est possible de greffer une platine d'extension pour ajouter des E/STOR ou analogiques supplémentaires sans modification de l'encombrement de l'automate

Des modules d'E/S supplémentaires peuvent être ajoutés du côté droit de la CPU pour étendre la capacité d'E/S TOR ou analogiques .

### **I.13.2 Le choix**

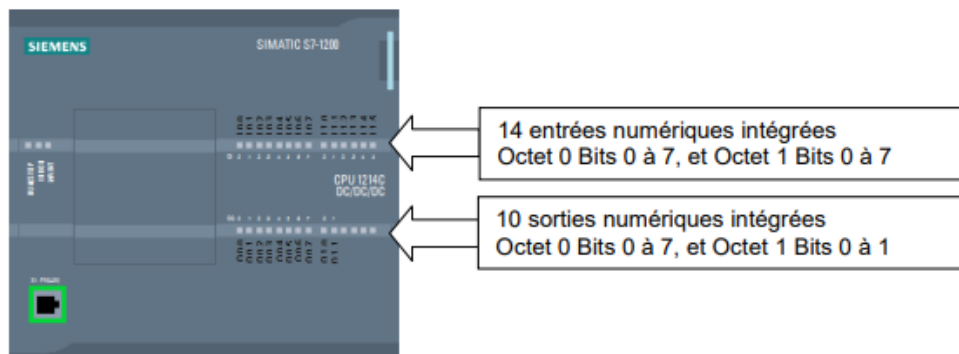
Des modules d'Entrées/Sorties : Le choix des modules Entrées/ Sorties est basé sur les critères suivants : ✓ Le type et la valeur de la tension d'entrée ou de sortie. ✓ Le nombre de voies. ✓ Le type d'entrée ou de sortie (sonde, thermocouple, électrovanne...).

### **I.13.3 • Possibilités d'extension de la CPU**

La gamme S7-1200 offre divers modules et cartes enfichables pour accroître les capacités de la CPU avec des E/S supplémentaires ou d'autres protocoles de communication .

### II.8 Les adresses des entrées et des sorties :

La déclaration d'une entrée ou sortie donnée à l'intérieur d'un programme s'appelle l'adressage. Les entrées et sorties des automates sont la plupart du temps regroupées en groupes de huit entrées ou sorties numériques. Cette unité de huit entrées ou sorties est appelée un octet. Chaque groupe reçoit un numéro que l'on appelle l'adresse d'octet. Afin de permettre l'adressage d'une entrée ou sortie à l'intérieur d'un octet, chaque octet est divisé en huit bits. Ces derniers sont numérotés de 0 à 7. On obtient ainsi l'adresse du bit. L'automate programmable représenté ici a les octets d'entrée 0 et 1 ainsi que les octets de sortie 4 et 5 [15]



Par exemple, pour adresser la 5<sup>ème</sup> entrée en partant de la gauche, on définit l'adresse suivante :

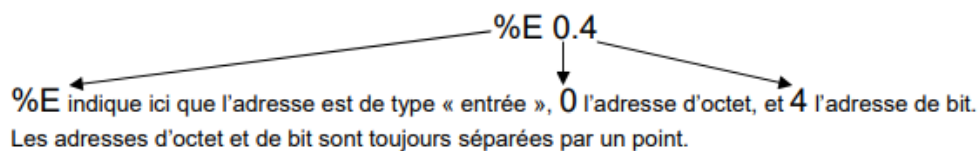


Fig. II. 17 : Adressage des signaux d'entrée/sortie

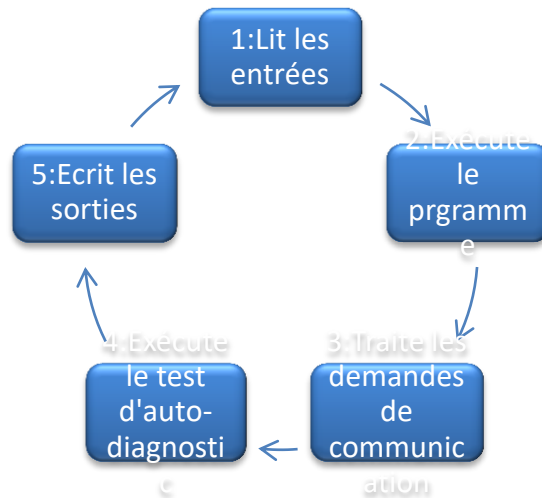
### II.9 Principe de fonctionnement [16]:

Le principe de fonctionnement est le suivant :

- Exécution de la logique de commande par le S7-1200.
- Accès aux données du S7-1200.
- Sauvegarde et restauration des données par le S7-1200.
- Enregistrement du programme dans une cartouche mémoire.
- Sélection de l'état de fonctionnement de la CPU S7-1200.

- Sauvegarde la mémoire V en EEPROM à l'aide du programme qui commence par la prise en compte des entrées qui sont figées en mémoire pour tout le cycle.

### II.10 Cycle de fonctionnement de S7-1200 [16]:



**Fig. II. 18 :** Cycle de fonctionnement de S7-1200

Le S7-1200 exécute une série (la plupart) de tâches de manière répétitive. On appelle « cycle » cette extension cyclique des différentes tâches.

- Lecture des entrées.
- Exécution de la logique de commande dans le programme.
- Traitement de toute demande de communication.
- Exécution du test d'autodiagnostic de la CPU.
- Ecriture des sorties.

### II.11 Etats de fonctionnement de la CPU

La CPU a trois états de fonctionnement : l'état ARRET, l'état MISE EN ROUTE et l'état MARCHE. Des DEL d'état en face avant de la CPU signalent l'état de fonctionnement en cours.



- A l'état ARRET, la CPU n'exécute pas le programme et vous pouvez y charger un projet.

- A l'état MISE EN ROUTE, la CPU exécute la logique de démarrage (le cas échéant). Les événements d'alarme ne sont pas traités pendant la mise en route.

- A l'état MARCHE, le cycle est exécuté de manière répétée. Des événements d'alarme peuvent survenir et être traités à tout moment durant la phase du cycle de programme. [15]



La couleur de l'indicateur MARCHE/ARRET signale l'état de fonctionnement en cours de la CPU :

- Jaune correspond à l'état ARRET.
- Vert correspond à l'état MARCHE.
- Le clignotement correspond à l'état MISE EN ROUTE.

**Fig. II. 19** : Etats de fonctionnement de la CPU

## II.12 Raccordement du matériel

### I.18.1 Insertion du simulateur d'entrées

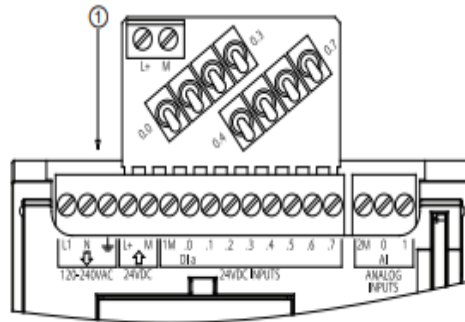
Le simulateur se raccorde à l'alimentation 24 V- et aux bornes d'entrée. Vérifiez que tous les commutateurs sur le simulateur sont en position "hors fonction".

① Insérez le simulateur d'entrées.

1. Dévissez les vis du bornier.

2. Insérez le simulateur d'entrées.

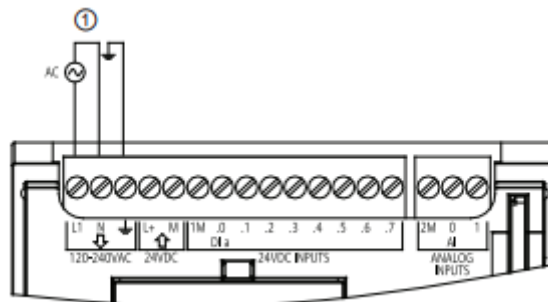
3. Revissez toutes les vis du bornier



**Fig. II. 20 :** Raccordement d'entrées

### I.18.2 Raccordement de l'alimentation à la CPU

① Raccordez l'alimentation à la CPU. La CPU nécessite une alimentation en 120 à 240 V~. Insérez les lignes de puissance du cordon électrique dans les bornes L1 et N et insérez la ligne de terre dans la borne de terre. Serrez les vis des bornes, puis branchez le cordon dans la prise de courant. [15]



**Fig. II. 21 :** Raccordement de l'alimentation à la CPU

### II.13 Solution envisagée :

L'API S7-1200 de type 1212C est la solution la plus adéquate à notre projet. Les caractéristiques de CPU 1212C L'API S7-1200 de type 6ES7212-1BD30-0XB0 est la solution la plus adéquate à notre projet.



Fig. II. 22 : S7-1200 1212C

### I.19.1 Les caractéristiques de CPU 1212C :

Tableau. II. 1 : caractéristiques de CPU 1212C

<b>Généralité</b>	
Type	Commande
Modèle	SIMATIC
Version	CPU 1212C
Entrée	8 digital + 2 analog
Sortie	8 transistors
Température, max.	0 ... +55 °C
<b>Modèle</b>	
Série	S7-1200
Indice de protection	IP20
<b>Valeurs électriques</b>	
Tension CC	20.4 - 28.8 V=
<b>Dimensions</b>	
Largeur	90 mm
Longueur	100 mm
Profondeur	75 mm
<b>indications du fabricant</b>	
Fabricant	SIEMENS
Numéro d'article du fabricant	6ES7212-1AE40-0XB0
Poids de l'emballage	0.341 kg
RoHS	conforme
EAN / GTIN	4047623402701

### I.19.2 Modules Entrées/sorties

Module d'entrée sélectionnée du type ENTREES/sorties TOR SM 1223 voir le Tableau .II. 2

**Tableau. II. 2 : Description d'article du module**

Numéro d'article	6ES7223-1PH30-0XB0
Description d'article	***Pièce de rechange*** SIMATIC S7-1200, E/S TOR SM 1223, 8 entrées TOR/8 sorties TOR, 8 entrées TOR 24V CC, Sink/Source, 8 sorties TOR, relais 2A
Famille de produit	SIPLUS Entrées/sorties TOR SM 1223
Cycle de vie du produit (PLM)	PM410:Commencez phase de soutien / Pièces de rechange & Repare - Période de soutien

## II.14 Logiciel de programmation TIA Portal :

### I.20.1 Introduction général

La plate-forme Siemens TIA Portal Vxx est la dernière évolution des logiciels de programmation Siemens qui nous permet de réaliser un programme en langage Grafset pour piloter de façon basique la station de traitement d'eau usée (CILAS) et de le tester dans Siemens S7-1200, ceci dis-nous avons élaboré ces GRAFCET dans les blocs de fonction FB dans notre programme pour le fonctionnement de notre station. [17]

### I.20.2 Description du logiciel TIA (Totally Integrated Automation) portal :

La plateforme Totally Integrated Automation Portal est le nouvel environnement de travail Siemens qui permet de mettre en œuvre des solutions d'automatisation avec un système d'ingénierie intégré comprenant les logiciels SIMATIC STEP 7 V13 et SIMATIC WinCC. [17]

#### I.20.2.1 STEP 7 sur TIA portal

SIMATIC STEP 7 Basic (TIA Portal) est une version économique et allégée du logiciel pour contrôleur STEP 7 Professional Controller Software dans le TIA Portal, pouvant être

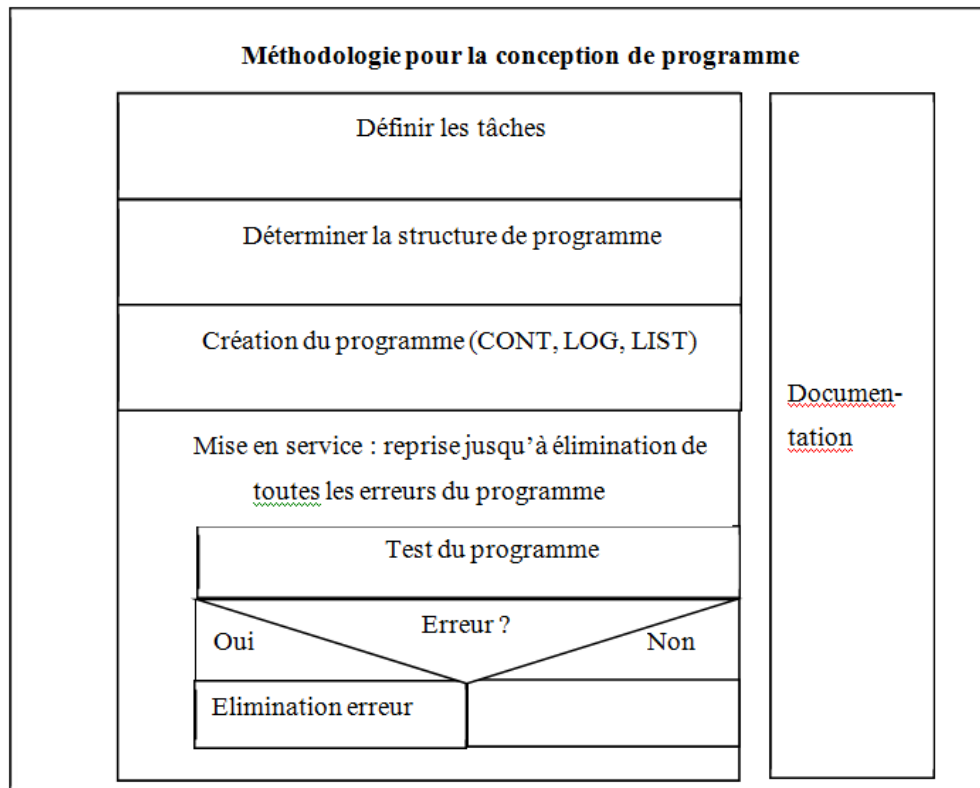
utilisé à la fois pour l'ingénierie des microcontrôleurs SIMATIC S7-1200 et la configuration des SIMATIC HMI Basic Panels, étant donné que WinCC Basic fait partie intégrante de l'ensemble des logiciels. [17]

**I.20.2.2 Vue du portail et vue du projet**

Lorsque l'on lance TIA Portal, l'environnement de travail se décompose en deux types de vue :

- **La vue du portail** : Elle est axée sur les tâches à exécuter et sa prise en main est très rapide.
- **La vue du projet** : Elle comporte une arborescence avec les différents éléments du projet. Les éditeurs requis s'ouvrent en fonction des tâches à réaliser. Données, paramètres et éditeurs peuvent être visualisés dans une seule et même vue. [17]

**Méthodologie pour la conception de programme**



**Fig. II. 23** : Méthodologie pour conception de programme

## II.15 Grafcet

### II.15.1 Introduction :

Le GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande par Etapes et Transitions) ou SFC (Sequential Function Chart) est un outil graphique qui décrit les différents comportements de l'évolution d'un automatisme et établit une correspondance à caractère séquentiel et combinatoire entre :

- Les ENTREES, c'est-à-dire les transferts d'informations de la Partie Opérative vers la Partie Commande,
- Les SORTIES, transferts d'informations de la Partie Commande vers la Partie Opérative.

Le **GRAFCET** comprend :

- des **étapes** associées à des actions.
- des **transitions** associées à des **réceptivités**.
- des **liaisons orientées** reliant étapes et transitions

### II.15.2 Principe du grafcet :

Pour visualiser le fonctionnement de l'automatisme, le GRAFCET utilise une succession alternée d'ETAPES et de TRANSITIONS. A chaque étape correspond une ou plusieurs actions à exécuter. Une étape est soit active, soit inactive. Les actions associées à cette étape sont effectuées lorsque celle-ci est active.

Les transitions indiquent avec les LIAISONS ORIENTÉES, les possibilités d'évolution entre étapes.

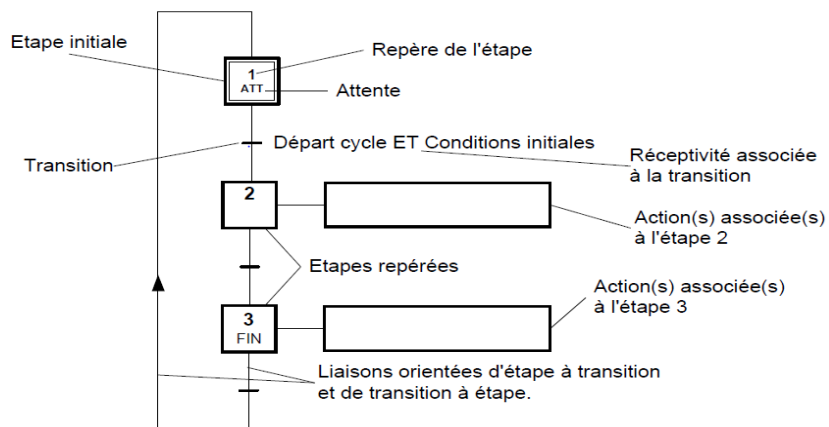
A chaque transition est obligatoirement associée une condition logique pouvant être vraie ou fausse.

Cette condition de transition est appelée RÉCEPTIVITÉ. L'évolution d'une étape à une autre ne peut s'effectuer que par le franchissement d'une transition.

Une transition ne peut être franchie, donc activer l'étape suivante que :

- si elle est validée par l'étape antérieure active,

-et que les conditions de réceptivité soient satisfaites

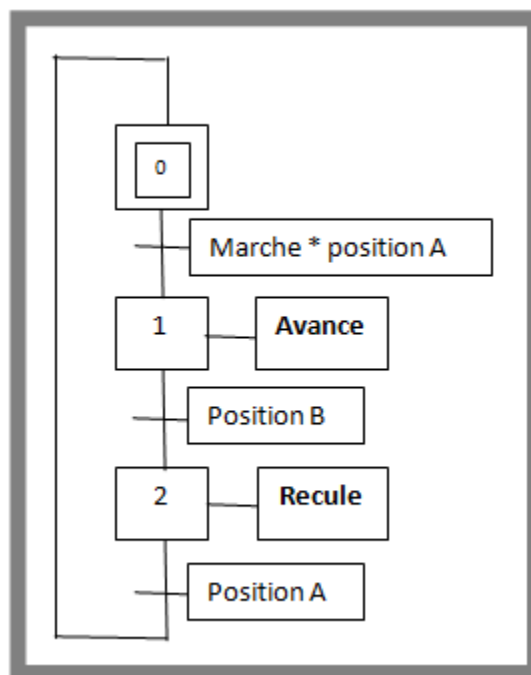


**Fig. II. 24 :** Exemple simple

Une barrière est commandée selon les conditions suivantes:

Si la barrière est fermée (capteur "position a" activé) et si on appuie sur le bouton marche (même brièvement) la barrière s'ouvre jusqu'en B (capteur "position b\_") puis se referme

La figure ci-dessous montre le GRAFCET de la partie commande ainsi que la partie opérative :



**Fig. II. 25 :** exemple simple

**II.16 Conclusion**

Un automate programmable industriel (API) est une forme particulière d'automatisme à base de microprocesseur qui se fonde sur une mémoire programmable pour enregistrer les instructions et mettre en œuvre des fonctions, qu'elles soient logiques, de temporisation, de comptage ou arithmétique, pour contrôler des machines et des processus. Il est conçu pour être manipulé par des ingénieurs ayant, potentiellement, une connaissance limitée en informatique et en langages de programmation (LD, IL, ST, FBD).

On constate la facilité et la souplesse qu'offre l'A.P.I pour sa programmation, connexion, et adaptation aux conditions industrielles, avec toutes les fonctionnalités indispensables à l'automatisation des processus. La diversité d'application dans tous les domaines



**CHAPITRE III :**  
**REALISATION DE LA MAQUETTE**  
**PEDAGOGIQUE**

### III.1 Introduction

Dans ce chapitre nous présenterons notre maquette didactique d'une chaîne industrielle programmable visant à permettre à l'étudiant de mettre en évidence le contrôle industriel automatisé pendant les travaux pratiques selon des applications allant de plus facile à plus difficile.



**Fig. III. 1: Photo du dispositif expérimental**

### III.2 Cahier de charges

Vous devez résoudre l'automatisme suivant :

Le système est utilisé dans un modèle industriel ressemble à plusieurs systèmes automatiques sur le sol, il ressemble donc à des systèmes de distribution d'eau ou distribués pour les boissons ou les mélangeurs de peinture et peut donc être tiré de nombreux Cahier de charge pour faire différentes applications

Nous suggérons donc, par exemple, une application divisée en deux étapes remplies et déchargées.

Voici les dispositifs utilisés sur le panneau opérateur :

- ARRÊT URGENCE (AU) Note : ajout de cette entrée à l'automate en NC
- BP1 bouton poussoir d'initialisation du système.

- BP2 pour arrêt du cycle
- Sélecteur 2 positions pour le mode automatique/manuel
- Sélecteur 1 positions pour le mode audaux

LTJ : Les lampes témoins jaunes représentent des actionneurs.

LTV : Les lampes témoins verts représentent des Capteurs.

### Processus de MISE EN MARCHE :

Le système doit être alimenté en énergie et les arrêts d'urgence doivent être non actifs. L'opérateur doit choisir d'opérer le système en mode manuel ou en mode automatique à partir du sélecteur deux positions.

### III.3 Liste du matériel utilisé

Le matériel utilisé (actionneurs, pré-actionneur, capteurs et d'autres) pour réaliser cette maquette est donné dans le tableau. III.1

**Tableau. III. 1 List du matériel utilisé :**

N	Type de matériel	Caractéristiques	Fonctions	Quantité
1	Automate programmable industriel	CPU 1212C AC/DC/Rly (6ES7 212-1BD30-0XB0) SM 1223 DI8/DQ8×Relais (6ES7 223-1PH30-0XB0)	Automatisme de lachaine	1 + 1
2	Pré-actionneurs	Relais électromagnétiques 24VDC	Relayage des actionneurs	10
3	Pompe d'eau	Tension :12VDC Couarnt : 3 A Débit : 16 LPM Soutien-gorge :0.6 bar	Pompage d'eau	1

		Diamètre de sortie : 1/2 pouces		
4	Capteur de Niveau	flotteur angle droit	Détection les niveaux d'eau	9
5	Interrupteur	NO	contrôle manuellement des actionneurs	10
6	Alimentation	220 VAC, 24 VDC	Alimentation électrique	2
7	Bouton poussoir	Bouton Marche Bouton arrêt	Marche et arrêt	2
8	Electrovanne	Tension : 220 VAC Courant :	Contrôler électriquement les chemins d'eau	10
9	Arrêt d'urgence	Arrêt d'urgence	Arrêt d'un système	1
10	Commutateur	Commutateur 0-1-2	Pour basculer entre automatique et manuel	1
11	Raccordement	Les fiches bananes femelle	Raccorder l'automate avec la maquette	26

La figure III.2 représente la réalisation de la chaîne de la maquette

- |                   |                                     |
|-------------------|-------------------------------------|
| 1. électrovanne 1 | 9. capteur de niveau haut de bac 1  |
| 2. électrovanne 2 | 10. capteur de niveau bas de bac 1  |
| 3. électrovanne 3 | 11. capteur de niveau haut de bac 2 |
| 4. électrovanne 4 | 12. capteur de niveau bas de bac 2  |
| 5. électrovanne 5 | 13. capteur de niveau haut de bac 3 |
| 6. électrovanne 6 | 14. capteur de niveau bas de bac 3  |
| 7. électrovanne 7 | 15. capteur de niveau haut de bac 4 |
| 8. électrovanne 8 | 16. capteur de niveau bas de bac 4  |

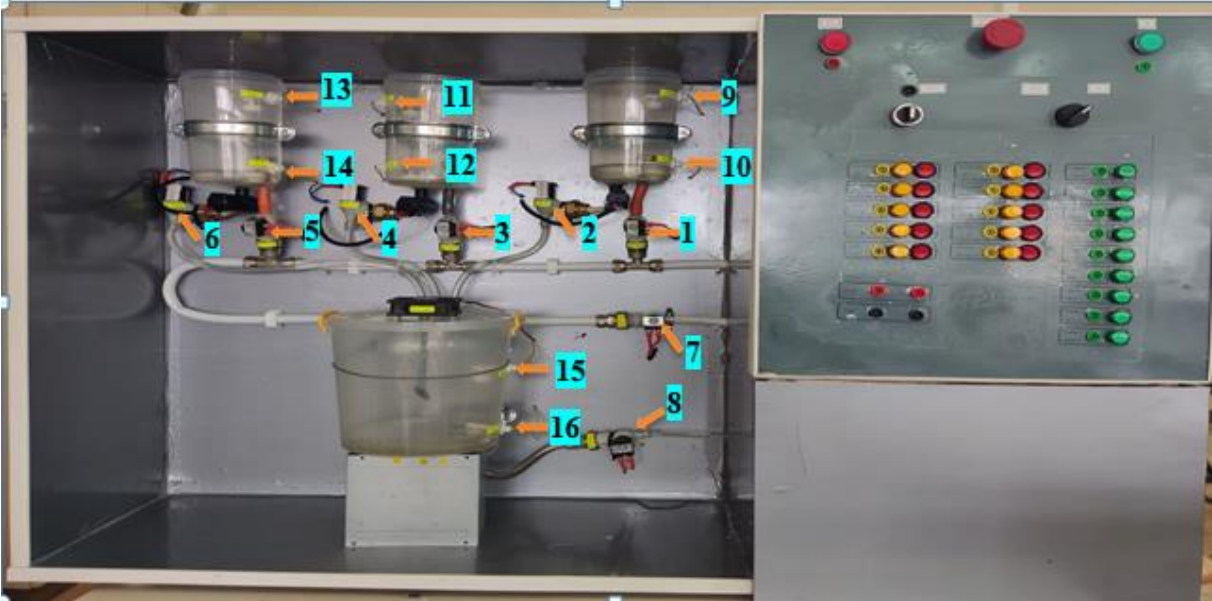


Fig. III. 2: Projet de réalisation (maquette).

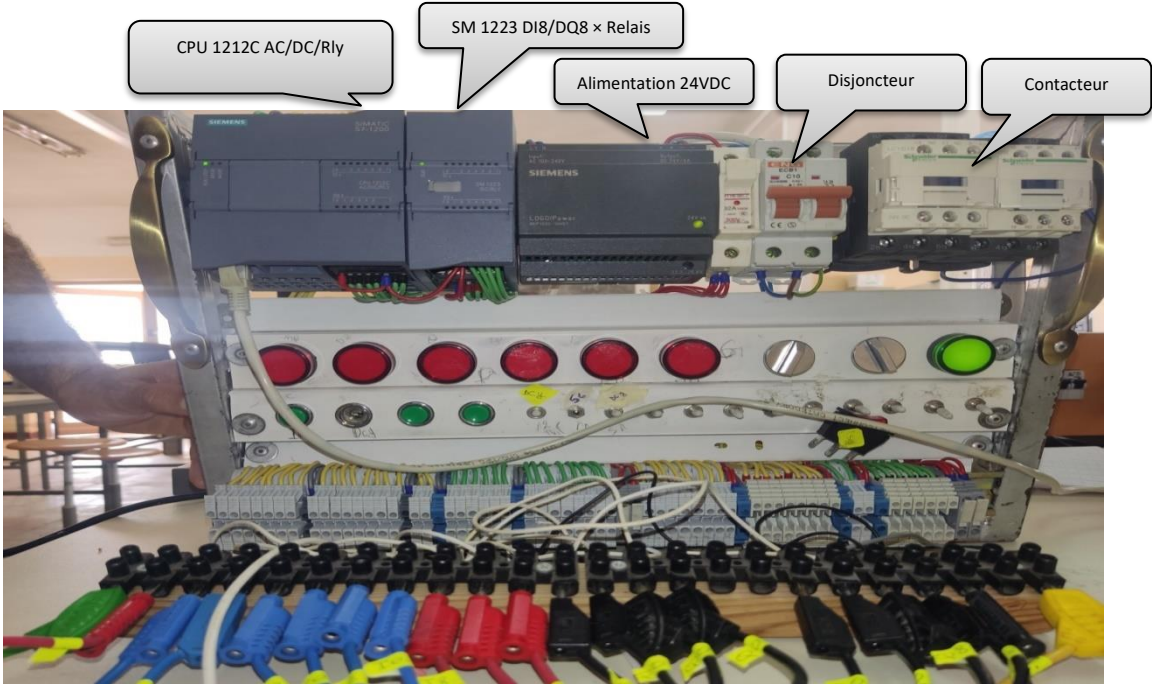


Fig. III. 3: Photo du dispositif expérimental

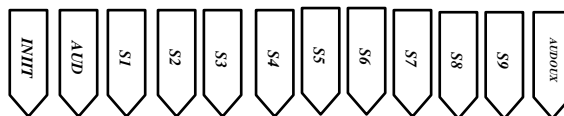
### III.4 Description du cycle de fonctionnement

Le début de cycle commence par un appui sur le bouton poussoir de démarrage Bd, les actions du cycle se déroulent selon la chronologie suivante :

1. La pompe et 1 sont allumés et le bac 1 commence à se remplir jusqu'à ce que le capteur S1 détecte le niveau de solution.
2. l' électrovanne1 s'arrête et l' électrovanne 3 commence à fonctionner, et le bac 2 commence à se remplir jusqu'à ce que le capteur S4 détecte le niveau de la solution.
3. l' électrovanne3 s'arrête et l' électrovanne 5 commence à fonctionner, et le bac 3 commence à se remplir jusqu'à ce que le capteur S6 détecte le niveau de la solution.
4. La pompe s'arrête et l' électrovanne 2 commence à fonctionner et le bac1 commence à se décharger dans le bac du mélangeur jusqu'à ce que le capteur S1 cesse de détecter
5. Une fois que le capteur S1 a cessé de détecter, l' électrovanne 4 commence à fonctionner, de sorte que le bac 2 commence à se décharger dans le bac du mélangeur jusqu'à ce que le capteur S3 cesse de détecter.
6. Une fois que le capteur S3 a cessé de détecter, l' électrovanne 6 commence à fonctionner, de sorte que le bac 2 commence à se décharger dans le bac du mélangeur jusqu'à ce que le capteur S5 cesse de détecter.
7. Une fois les trois bacs vides et le capteur S5 arrêté, le mélangeur tourne pendant 10 secondes.
8. Après 10 secondes, le bac du mélangeur commence à se décharger à travers le 8ème l' électrovanne dans le réservoir de base jusqu'à ce que le capteur S7 cesse de détecter.
9. Le cycle se termine et recommence.

### III.5 Schémas électriques

Les schémas électriques de commande et de puissance sont présents respectivement aux figures 4.17 et 4.18.



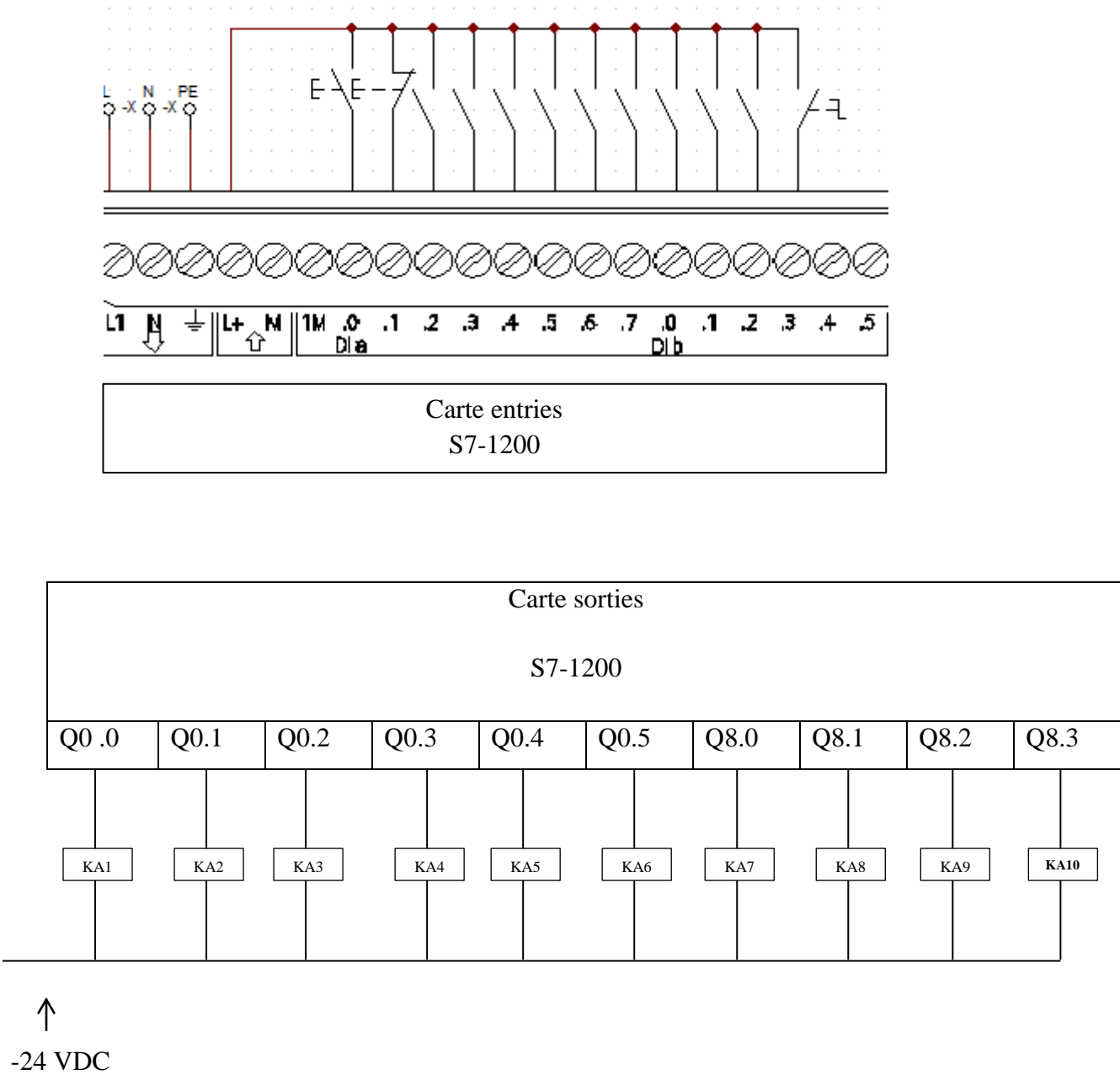


Fig. III. 4: Schéma de commande



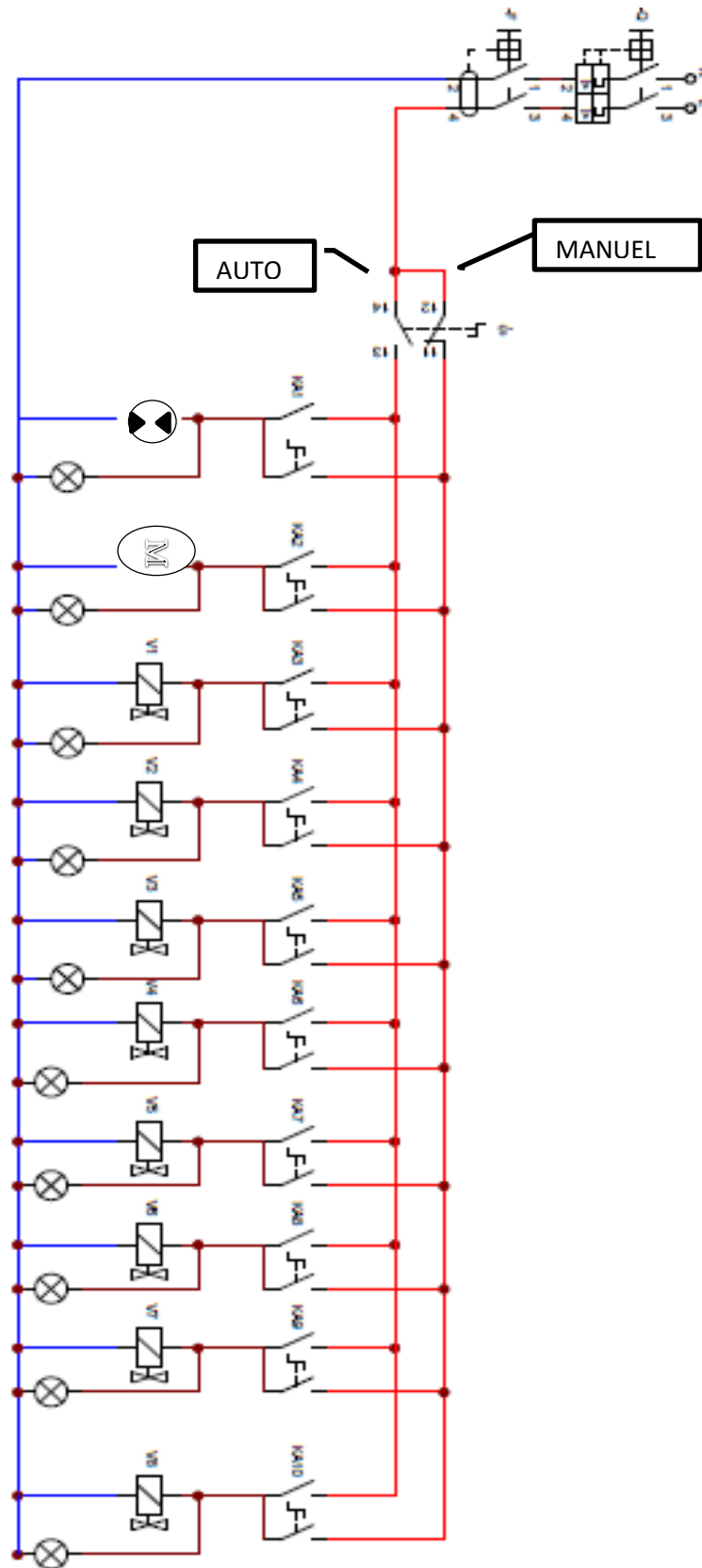


Fig. III. 5: Schéma de puissance

### III.6 Grafcet

Le grafcet de niveau 1 du cycle de fonctionnement sont représentés respectivement par Fig. III. 15

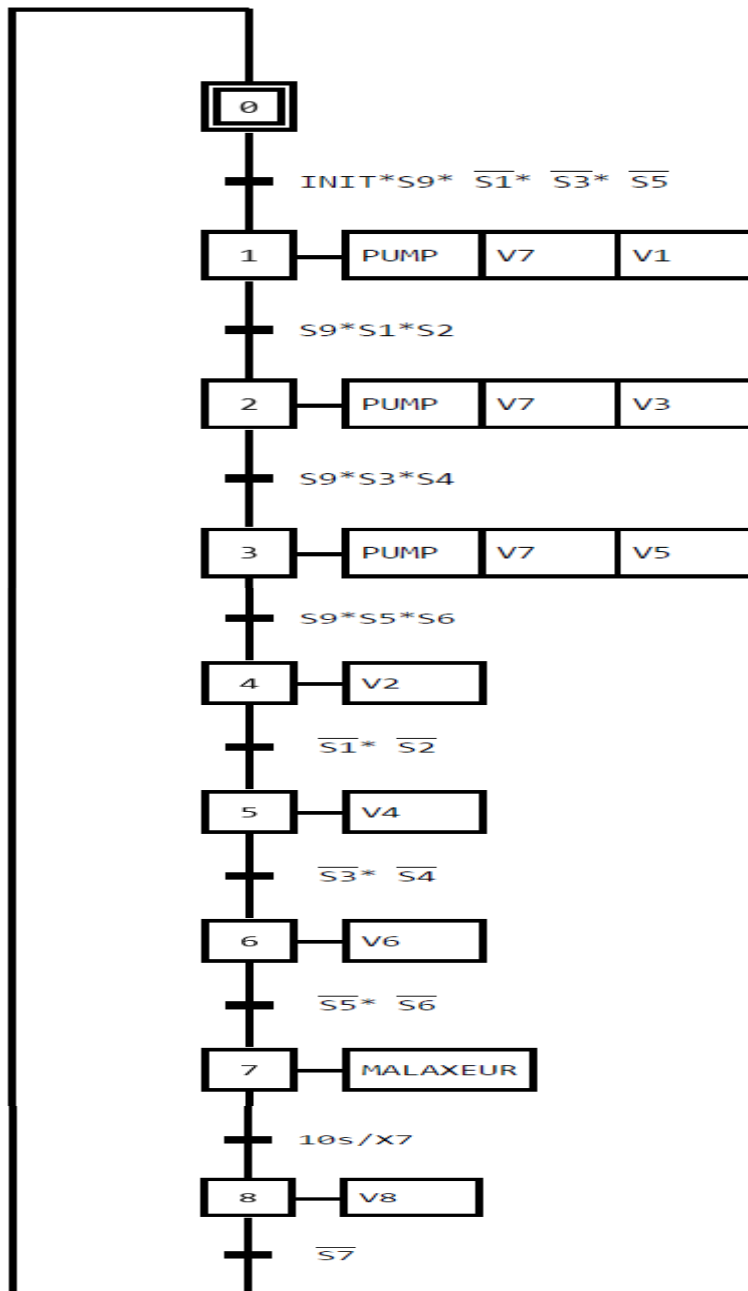


Fig. III. 6: Grafcet niveau 1

### III.7 Programmation











La programmation des différentes actions du cycle de fonctionnement est effectuée en langage Ladder par le logiciel TIA PORTAL V11. Dans ce qui suit, nous présentons le programme complet.

Les entrées et sorties physiques de l'API sont données aux tableaux III. 2 et III. 3

**Tableau. III. 2 : Entrées physiques de l'API**

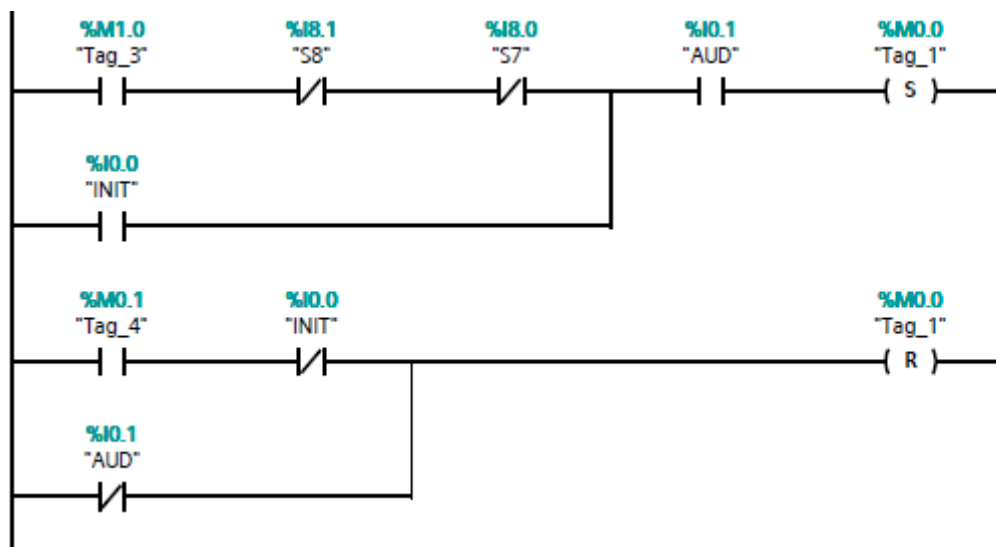
Variables API							
Nom	Type de données	Adresse	Rémanence	Visible dans IHM	Acces-sible depuis IHM	Commentaire	
INIT	Bool	%I0.0	False	True	True	initialisation	
AUD	Bool	%I0.1	False	True	True	arrêt d'urgence	
AUDOUX	Bool	%I8.3	False	True	True	2ème arrêt d'urgence	
S1	Bool	%I0.2	False	True	True	capteur de niveau minimal de bac 1	
S2	Bool	%I0.3	False	True	True	capteur de niveau maximal de bac 1	
S3	Bool	%I0.4	False	True	True	capteur de niveau minimal de bac 2	
S4	Bool	%I0.5	False	True	True	capteur de niveau maximal de bac 2	
S5	Bool	%I0.6	False	True	True	capteur de niveau minimal de bac 3	
S6	Bool	%I0.7	False	True	True	capteur de niveau maximal de bac 3	
S7	Bool	%I8.0	False	True	True	capteur de niveau minimal de bac 4	
S8	Bool	%I8.1	False	True	True	capteur de niveau maximal de bac 4	
S9	Bool	%I8.2	False	True	True	capteur de niveau minimal de reservoir principl	

Tableau. III. 3 : Sorties physiques de l'API

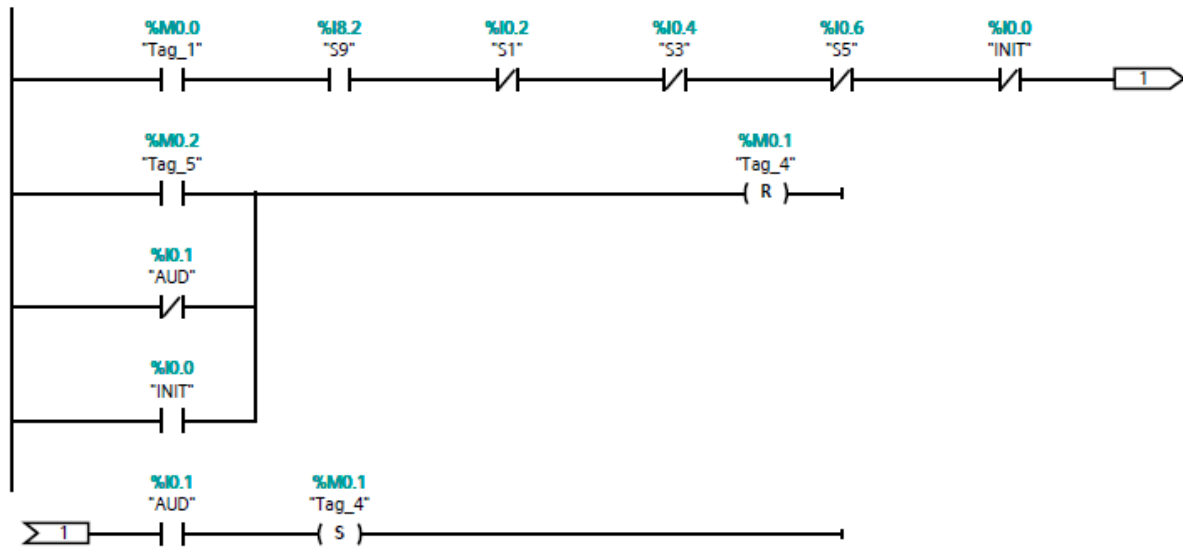
Variables API							
Nom	Type de données	Adresse	Rémanence	Visible dans IHM	Acces-sible depuis IHM	Commentaire	
 POMPE	Bool	%Q0.0	False	True	True	pompage d'eau	
 MALAXEUR	Bool	%Q0.1	False	True	True	mélange d'eau	
 V1	Bool	%Q0.2	False	True	True	électrovanne pour remplissage de bac 1	
 V2	Bool	%Q0.3	False	True	True	électrovanne pour védange de bac 1	
 V3	Bool	%Q0.4	False	True	True	électrovanne pour remplissage de bac 2	
 V4	Bool	%Q0.5	False	True	True	électrovanne pour védange de bac 2	
 V5	Bool	%Q8.0	False	True	True	électrovanne pour remplissage de bac 3	
 V6	Bool	%Q8.1	False	True	True	électrovanne pour védange de bac 3	
 V7	Bool	%Q8.2	False	True	True	électrovanne pou retou d'eau	
 V8	Bool	%Q8.3	False	True	True	électrovanne pour védange de bac 4	

### III.7.1 Schéma du programme en langage Ladder

Réseau 1 : remplissage de bac 1



Réseau 2 : remplissage de bac 1



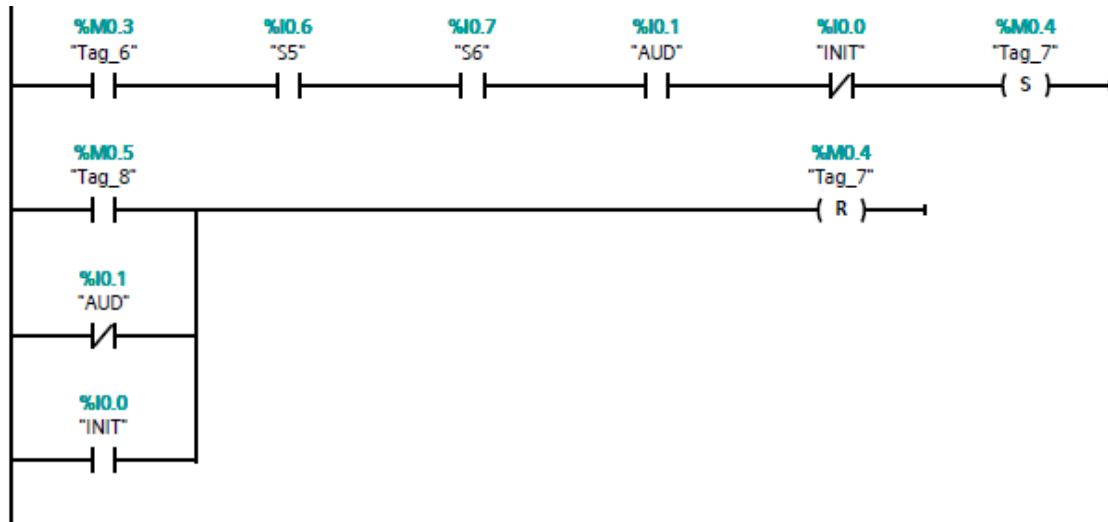
Réseau 3 : remplissage de bac 1



Réseau 4 : remplissage de bac 2



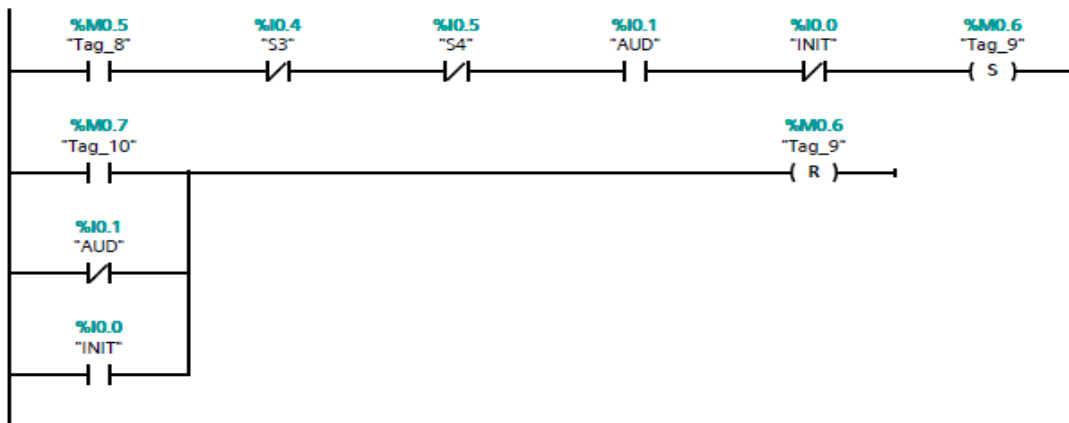
Réseau 5 : remplissage de bac 3



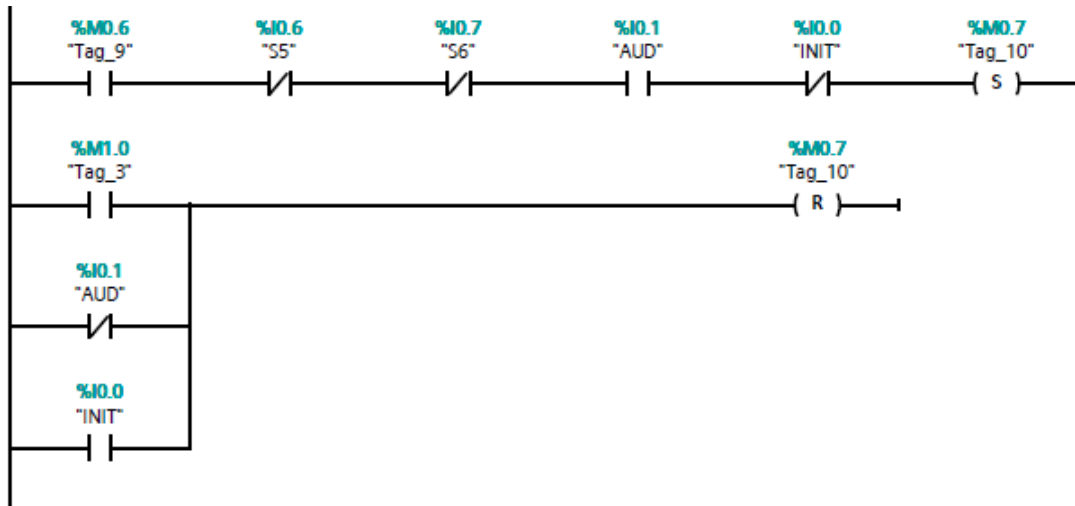
Réseau 6 : vidange de bac 1



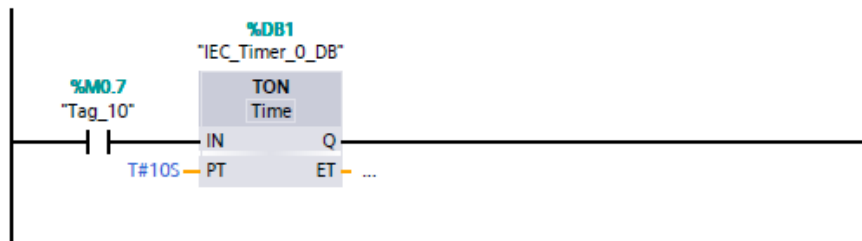
Réseau 7 : vidange de bac 2



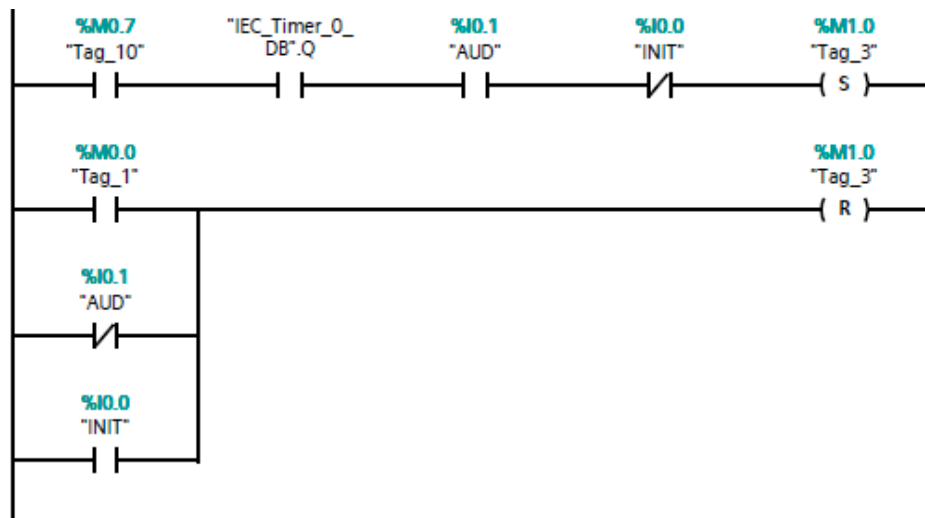
Réseau 8 : vidange de bac 3



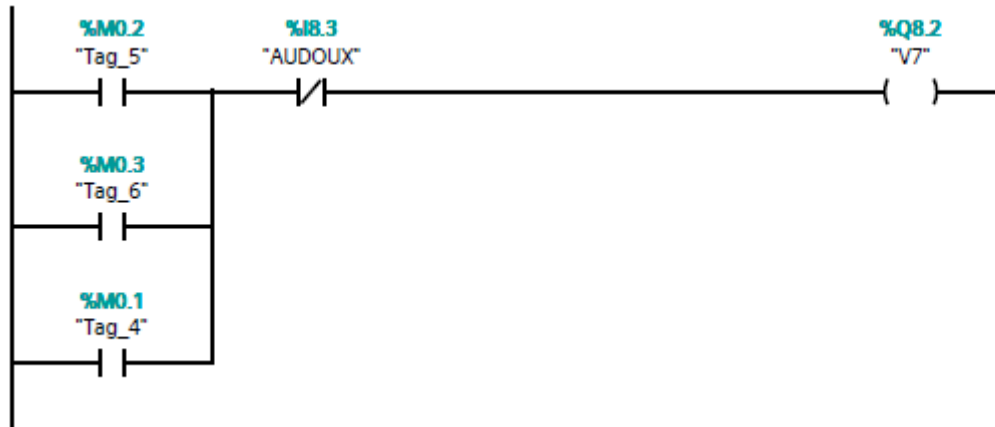
Réseau 9 :



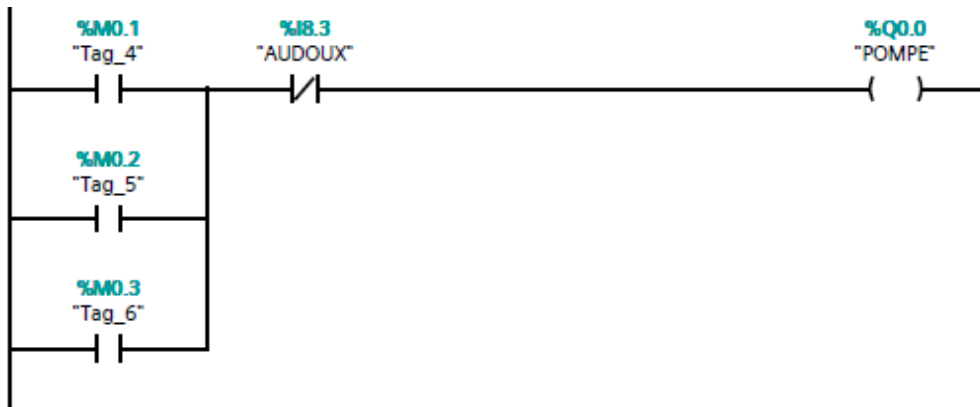
Réseau 10 : mélange de l'eau



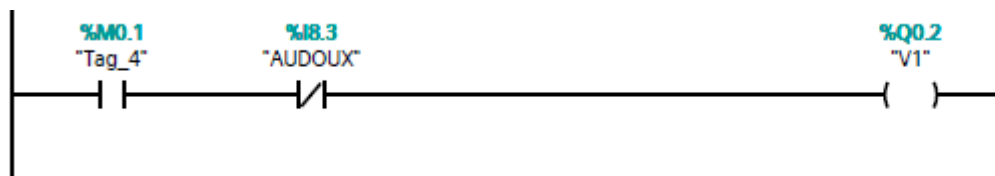
Réseau 11 :



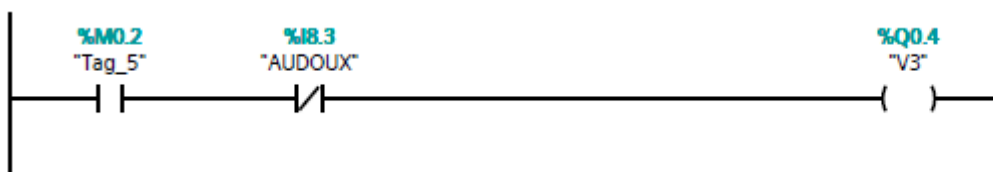
Réseau 12 :



Réseau 13 :

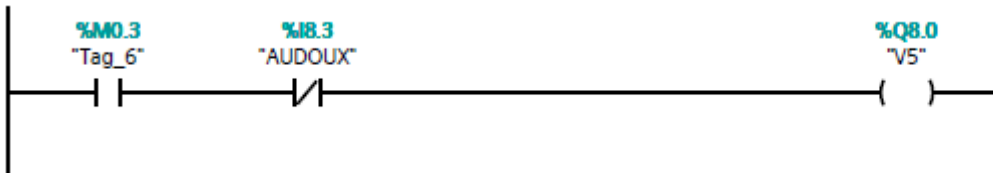


Réseau 14 :

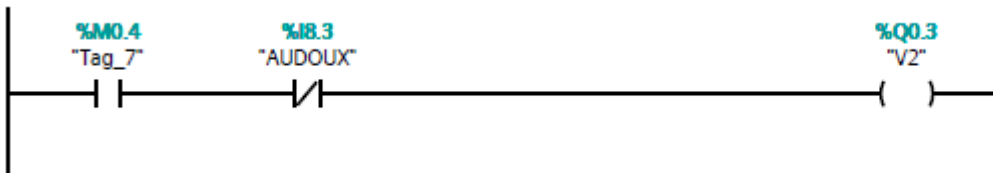




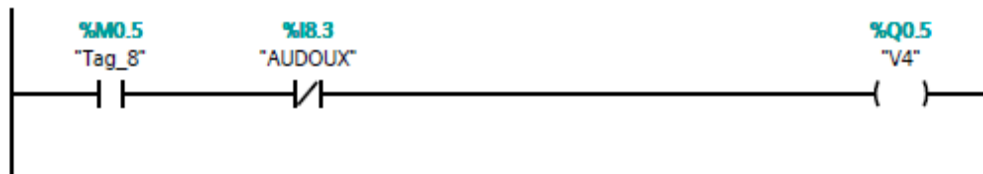
Réseau 15 :



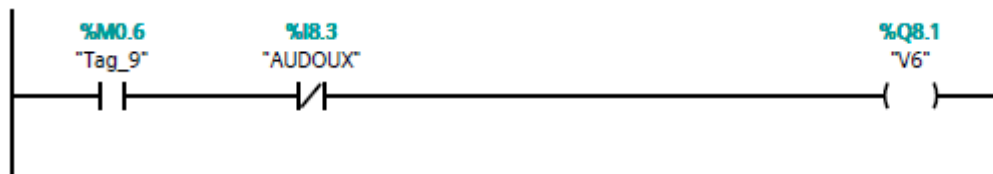
Réseau 16 :



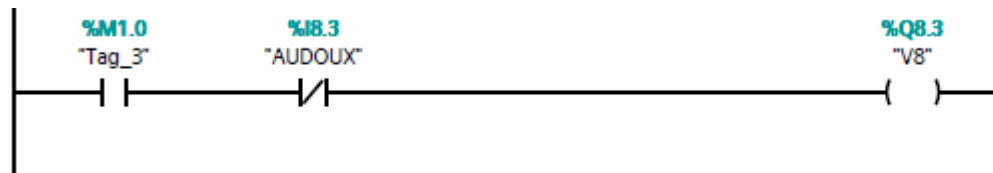
Réseau 17 :



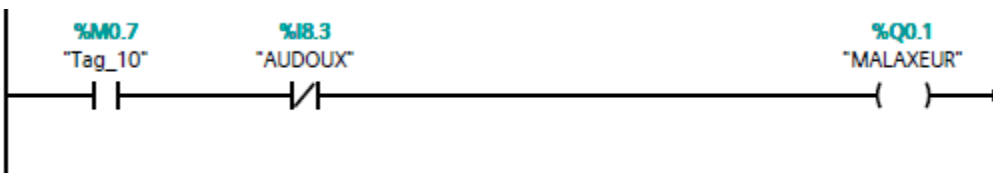
Réseau 18 :



Réseau 19 :



Réseau 20 :



**III.8 Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons présenté le cahier de charge de notre projet et les outils utilisés dans la maquette. Présentation d'une suite illustrée des actions de fonctionnement, et ensuite le schéma électrique de câblage, le schéma de Grafset et le programme de LADDE

## Conclusion générale

Le développement de cette mémoire nous a permis de connaître les avantages et les Inconvénients de l'automatisation ainsi que son rôle central dans l'industrie. À travers

Plusieurs étapes de travail :

- Développement du modèle éducatif (chaîne industrielle).
- Mise en place d'un système industriel automatisé (station de pompage).
- Réaliser une partie du système de mélangeur

Le manque d'équipement et le manque de financement représentent les principales difficultés rencontrées dans le développement de ces travaux, qui auraient pu être développés si toutes les conditions nécessaires avaient été remplies. Notre projet reste un projet open source qui peut être programmé de plusieurs façons et d'autres applications peuvent être ajoutées à l'aide de capteurs analogiques et numériques et un écran de contrôle peut être ajouté HMI

A travers ce projet, nous avons bien acquis et amélioré nos compétences théoriques et pratiques dans le domaine de l'automatisation, les actionneurs et les capteurs ainsi que le câblage des armoires. Nous citons quelques perspectives pour développer notre maquette didactique :

- Réaliser une armoire d'alimentation avec un câblage selon les normes d'installation
- Réaliser un système de supervision type SCADA pour s'approcher de la réalité industrielle.
- Réaliser une commande à distance de la chaîne.

## ***Bibliographiques***

- [1] : Y.LECOURTIER,B.SAINT-JEAN : Introduction aux automatismes industriels, MASSON,1989.
- [2] : Systèmes Automatisés de Production  
[https://www.uvt.rnu.tn/resources-uvvt/cours/Automates/chap1/co/Module\\_chap1\\_5.html](https://www.uvt.rnu.tn/resources-uvvt/cours/Automates/chap1/co/Module_chap1_5.html)
- [3] : Tahar Askr Notes Cours Automatismes Industriels
- [4] : cours Architecture des Systèmes Automatisés [2018/2019]
- [5] : A.CAPLIEZ: AUTOMATISME APPLIQUE, 1985.
- [6] : memoire de master :automatisation et realisation apetite echelle (maquette) d' une chaine transporteuse de briques / chlef, juin 2016
- [ 7] : Cours de Systèmes Hydrauliques et Pneumatiques (UED 3.1) 3 ième Année Licence Construction Mécanique
- [8] : <https://sciences-indus-cpge.papanicola.info/Sys1-Etudes-des-systemes>
- [9] : <https://docplayer.fr/51577422-Les-capteurs-tout-ou-rien-t-o-r.html>
- [10] : Lycées E.Pérochon et J.Desfontaines, section Sciences de l'Ingénieur (capteurs\_cr.doc)
- [11] : Cours Automatismes Logiques & Industriels –GE1 Mme EL HAMMOUMI
- [ 12] : Philippe GRARE, Imed KACEM : ce qu'il faut savoir sur les automatismes, ellipses,2008.
- [13] : Les automates programmables industriels»  
Cours automatisation : de M.Benzouaoui Sidahmed enseignant de département d'électronique
- [14]:cours tech pro( <https://www.courstechpro.com/2019/01/cours-grafcet.html>)
- [15] : Simense S7-1200 Mise en route avec le S7-1200

[16] : STS Maintenance des Systèmes de Production (cours Programmation de l'API SIMATIC S7-1200 avec TIA Portal VX)

[17] : MÉMOIRE DE MASTER " Automatisation de Système de traitement de l'Eau Usée (CILAS) " Université de Mohamed Khider Biskra , Chetti Walid