

*REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE*

*MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE  
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE*

*ECOLE NATIONALE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE*



*Département d'Automatique*

*Projet de fin d'études*

*En vue de l'obtention du diplôme  
D'Ingénieur d'Etat en Automatique*

**THÈME**

**Commande et supervision de la station FESTO  
PCS\_COMPACT à l'aide de TIA PORTAL**

Réalisé par :

**BENDJOUDI Amir Abdelhakim**

**SELLAMI Oussama**

Proposé et dirigé par :

**Dr.R.Illoul**

**Juin 2013**

# REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à exprimer nos sincères remerciements à notre encadreur Dr. ILLOUL de nous avoir encadrés durant ce projet et nous avoir conseillés tout au long de ce travail.

Nous remercions aussi les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont faits en évaluant notre travail.

Nous tenons à remercier particulièrement les enseignants de notre Ecole Nationale Supérieure Polytechnique pour tout ce qu'ils nous ont transmis, leurs efforts et leur disponibilité.

Que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail trouvent ici l'expression de notre sincère gratitude.

À mes parents :Omí wa Abí. . .

À Souhaib. . .

À Salsabil, Manar et ma petite sœur Nousaïba. . .

À ma grande famille. . .

À tous mes Amis (sans exception). . .

Je dédie ce mémoire, à toutes les personnes qui m'ont aidé durant le parcours de ma formation, à mes enseignants, à mes camarades de classe, au staffe de l'école avec ces différentes structures, à tous les SALAFIF de BOURAOUI Ammar que j'ai connus et avec qui j'ai partagé de beaux moments et de magnifiques souvenirs pleins de joie et de respect, à ma grande famille et particulièrement mes chère parents que grâce à dieu puis à eux que j'ai réalisé mon souhait .

*Oussama*

# *DEDICACES*

*Je dédie ce travail à mes parents qui m'ont tant soutenu et encouragé tout au long de mon cursus et sans qui je n'en serais pas là, ainsi qu'à Abdou, Zahira, Nassim et Spiksou.*

*A ma défunte grand-mère*

*A Mounia pour son assistance et sa présence*

*A mes amis de toujours*

*A tous ceux qui m'aiment*

## ملخص:

العمل المنجز في المذكرة يتمحور حول استعمال مسير صناعي مبرمج "سيمنس". عندما اكتسبت دائرة الأوتوماتك للمدرسة الوطنية المتعددة التقنيات نموذج محطة تسيير و ضبط الأنظمة الصناعية مستوى الماء التصريف, الضغط, درجة الحرارة, قمنا باتجار برنامج تسيير, تطابق و ضبط مختلف الأنظمة المحتواة في المحطة.

للتطابق و التعرف على خصائص الطوابط المطبقة استعنا ببرنامج ماتلاب(تون).

الكلمات المفتاحية:

مسير صناعي "سيمنس", تيا بورتال, تون, محطة فسطو.

## RESUME :

Le travail présenté dans ce mémoire est basé essentiellement sur l'utilisation des automates programmables SIEMENS. Le Département d'Automatique de l'Ecole Nationale Supérieure Polytechnique ayant acquis une station de contrôle des processus (débit, niveau, pression et température), FESTO, nous avons entrepris l'identification des différents sous-systèmes constituant cette installation par la méthode des moments simples. Pour la détermination des paramètres des régulateurs (P, PI, PID) appliqués, nous nous sommes basés sur la commande « Tune » travaillant avec la méthode de compensation des pôles et Ziegler-Nichols.

Mots clés :

Automate programmable Siemens S7-313C, STEP7, WinCC, Tia PORTAL, capteurs et actionneurs FESTO.

## ABSTRACT:

The work presented in this paper is based primarily on the use of programmable SIEMENS. Since The Department of Automation of the national polytechnic school have acquired a process control (flow, level, temperature and pressure), FESTO, we undertook a program of identification and control of the various subsystems comprising in the installation.

For the identification and determination of the parameters of regulators (P, PI, PID) applied, we used the commande « Tune » based on the methods of simple moments and Ziegler-Nichols.

Key words:

Siemens PLC S7-313C, STEP7, WinCC, sensors and actuators FESTO.

# Table des matières

<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
<b>1 Les automates programmables industriels</b>	<b>4</b>
1.1 Introduction . . . . .	5
1.2 Généralité sur les automates programmable industriels (API) . . . . .	5
1.2.1 Place de l'API dans le système automatisé de production (S.A.P) . . . . .	5
1.2.2 Architecture générale des API . . . . .	8
1.2.3 Traitement du programme automate . . . . .	13
1.2.4 Langages de programmation . . . . .	15
1.2.5 Sécurité . . . . .	20
1.2.6 Conclusion . . . . .	21
1.3 Les automates programmable industriels Siemens . . . . .	21
1.3.1 Présentation de la gamme SIMATIC Siemens . . . . .	21
1.3.2 Description de l'automate programmable S7-313 : . . . . .	25
1.4 Conclusion . . . . .	38
<b>2 Réalisation de la commande et la supervision sur le TIA Portal</b>	<b>39</b>
2.1 Introduction au portail TIA . . . . .	40
2.1.1 Introduction . . . . .	40
2.1.2 Les avantages de travailler avec le portail TIA . . . . .	41
2.2 Vues du portail TIA . . . . .	41
2.2.1 La vue du projet . . . . .	42
2.3 Introduction au projet . . . . .	44
2.3.1 Condition . . . . .	44
2.3.2 Le projet . . . . .	44
2.4 Description de l'application . . . . .	45

2.5	Description des programmes STEP7 . . . . .	46
2.6	Structure de la Tâche d'automatisation . . . . .	49
2.6.1	Structure du projet "Station FESTO" . . . . .	49
2.7	Tester la visualisation du processus . . . . .	50
2.7.1	Démarrer WinCC Advanced Runtime . . . . .	50
2.7.2	Marche à suivre . . . . .	50
<b>3</b>	<b>Présentation de la station FESTO</b>	<b>53</b>
3.1	Introduction . . . . .	54
3.2	Présentation du système didactique du contrôle de processus FESTO . . . . .	54
3.2.1	Le diagramme synoptique de l'installation . . . . .	57
3.3	Les différentes connexions de la station . . . . .	61
3.4	Principe de fonctionnement des différents systèmes constituant l'installation Festo . . . . .	62
3.4.1	Le Processus de la vanne à bille . . . . .	62
3.4.2	La pompe : . . . . .	63
3.4.3	Détecteurs de proximité capacitifs . . . . .	64
3.4.4	La vanne proportionnelle : . . . . .	65
3.4.5	Le capteur de niveau ultrasonique . . . . .	66
3.4.6	Le capteur de débit . . . . .	67
3.4.7	Le capteur de pression . . . . .	67
3.4.8	Le capteur de température : . . . . .	68
3.5	liste des cases mémoires : . . . . .	69
	<b>Conclusion générale</b>	<b>71</b>

# Table des figures

- 1.1 Le système automatisé . . . . . 5
- 1.2 Structure d'un système automatisé [6] . . . . . 6
- 1.3 types des automates complexes [6] . . . . . 9
- 1.4 Structure interne de le API [6] . . . . . 9
- 1.5 Traitement du programme automate . . . . . 14
- 1.6 Liste d'instructions[6] . . . . . 16
- 1.7 Langage littéral structuré [6] . . . . . 16
- 1.8 langage à contacts [6] . . . . . 17
- 1.9 Exemple :Langage à contacts[7] . . . . . 17
- 1.10 Blocs Fonctionnels [7] . . . . . 18
- 1.11 Exemple d'un programme en Fonction Bloc[7] . . . . . 18
- 1.12 Le grafcet. . . . . 19
- 1.13 Présentation de la gamme SIMATIC. . . . . 22
- 1.14 L'API S200 [8] . . . . . 23
- 1.15 L'API S300 [8] . . . . . 23
- 1.16 L'API S400 . . . . . 24
- 1.17 La gamme SIMATIC C7 [9] . . . . . 24
- 1.18 La gamme SIMATIC M7 [9] . . . . . 25
- 1.19 L'API S7-313C [9] . . . . . 25
  
- 2.1 TIA PORTAL [10] . . . . . 40
- 2.2 VUE TIA PORTAL . . . . . 42
- 2.3 VUE PROJET . . . . . 43
- 2.4 STATION FESTO[1] . . . . . 45
- 2.5 Organigramme du choix des boucles de régulation . . . . . 46
- 2.6 Organigramme de la régulation de niveau . . . . . 47

2.7	Organigramme de la régulation de débit/pression . . . . .	48
2.8	Organigramme de la régulation de température . . . . .	49
2.9	Simulation du HMI RT . . . . .	51
2.10	VUE PRINCIPALE . . . . .	52
3.1	Maquette didactique FESTO. . . . .	55
3.2	Diagramme synoptique de l'installation didactique FESTO. . . . .	59
3.3	Schéma de connexion API/Panneau de contrôle/Terminal analogique. . . . .	62
3.4	Processus de la vanne à bille. . . . .	63
3.5	Pompe centrifuge. . . . .	64
3.6	Détecteurs de proximité capacitifs . . . . .	65
3.7	Vanne proportionnelle . . . . .	66
3.8	Capteur de niveau ultrasonique . . . . .	66
3.9	capteur de débit. . . . .	67
3.10	Capteur de pression. . . . .	68
3.11	Capteur de température . . . . .	68

# Liste des tableaux

1.1	Position du commutateur du mode de fonctionnement . . . . .	26
1.2	Les LEDs de visualisations . . . . .	27
1.3	Caractéristiques techniques de la CPU-313C [1] . . . . .	31
1.4	Caractéristiques techniques du module E/S digitales [1] . . . . .	33
1.5	Caractéristique techniques du module E/S analogique [1] . . . . .	36
1.6	Correspondance valeurs analogique tension . . . . .	37
1.7	Correspondance valeurs analogique courant . . . . .	38
3.1	Caractéristiques techniques de l'installation[1] . . . . .	57
3.2	Tableau des configurations relatives aux différentes boucles de régulation . .	61
3.3	Tableau d'adressage des entrées binaires [2] . . . . .	69
3.4	Tableau d'adressage des sorties binaires [2] . . . . .	70
3.5	Tableau d'adressage des entrées/sorties analogiques [2] . . . . .	70

# Abréviations et symboles

API	Automate Programmable Industriel
IHM	Interface Homme-Machine
DC	Courant Continu (Direct Current)
AC	Courant Alternatif (Alternatif Current)
V	Volt
A	Ampère
$^{\circ}C$	Degré Celsius
MPI	Interface Multipoint
LED	Diode électroluminescente (Light Emitting Diode)
CPU	Microprocesseur (Central Processing Unit)
Hz	Hertz
Ko	Kilo-octet
Mo	Mega-octet
s	Seconde
W	Watt
m	Mètre
$\Omega$	Ohm
$\mu F$	Micro-Farad
H	Henry
Pa	Pascal
PID	Régulateur Proportionnel-Intégrateur-Dérivateur
P	Proportionnel
I	Intégrateur
D	Dérivateur
BO	Boucle Ouverte
BF	Boucle Fermée

# Introduction générale

La compétitivité des entreprises impose un recours à la fois fréquent et intensif à des technologies de production avancées. La productique et la complexité des opérations à exécuter, conduisent à la mise en œuvre de dispositifs et systèmes pour l'automatisation des ateliers de fabrication ou de production.

L'Automate Programmable Industriel (API) est un appareil électronique programmable, adapté à l'environnement industriel et conçue afin de parvenir à piloter des procédés logiques séquentiels. Autrement dit, l'opérateur l'utilise pour le contrôle et essentiellement la commande d'un procédé industriel en assurant l'adaptation nécessaire entre les équipements de grande puissance du procédé industriel et ceux de faible puissance de la commande. L'API réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de pré-actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logique, analogique ou numérique.

Dans le but de former ses élèves ingénieurs automaticiens à la maîtrise de cet outil, le Département Automatique de l'ENP, a acquis un système d'apprentissage didactique pour l'automatisation, FESTO, conçu pour répondre à un certain nombre d'exigences de formation professionnelle. En effet le matériel utilisé pour la fabrication de cette station de travail didactique est identique à celui disponible dans l'industrie.

Ce système didactique de contrôle des processus contient quatre sous systèmes (niveau, débit, pression, température), qui grâce à l'automate programmable Siemens S7- 313C, peuvent être utilisés individuellement ou en cascade.

Le but de notre travail est donc l'étude des différents composants (capteurs, actionneurs et convertisseurs. . . ) de cette station afin de proposer une solution, à base d'automates programmable Siemens, permettant la gestion de la station d'un point de vue d'identification

des processus et régulation de niveau, débit, pression, et température. La communication entre la station et le pupitre de visualisation se fait via un réseau MPI. Il va sans dire que ce travail a nécessité l'étude préalable du logiciel de programmation des API Siemens STEP7 v11 et le logiciel de conception des interfaces homme-machine, WinCC advanced RT présent tous les deux sous un seul environnement commun et compact le TIA PORTAL.

# Chapitre 1

## Les automates programmables industriels

## 1.1 Introduction

A l'heure actuelle, les automates programmables industriels (APIs) ou Programmable Logic Controller-PLC) couvrent tous les secteurs de l'industrie, et ce dans le but de réguler et contrôler les différents paramètres régissant les compartiments des stations de production.

Dans ce chapitre, nous présenterons les différents aspects de ces outils puissants et polyvalents. Nous nous intéresserons, également à la gamme de produits SIMATIC proposée par SIEMENS dans le cadre de l'automatisation de l'industrie en général, et à l'automate programmable industriel S7-313C en particulier.

## 1.2 Généralité sur les automates programmable industriels (API)

### 1.2.1 Place de l'API dans le système automatisé de production (S.A.P)

**Systemes automatisés de production :**

L'objectif de l'automatisation des systèmes est de produire, en ayant recours le moins possible à l'homme, des produits de qualité et ce pour un coût le plus faible possible.

Un système automatisé est un ensemble d'éléments en interaction, et organisés dans un but précis : agir sur une matière d'oeuvre afin de lui donner une valeur ajoutée.

Le système automatisé est soumis à des contraintes : énergétiques, de configuration, de réglage et d'exploitation qui interviennent dans tous les modes de marche et d'arrêt du système.

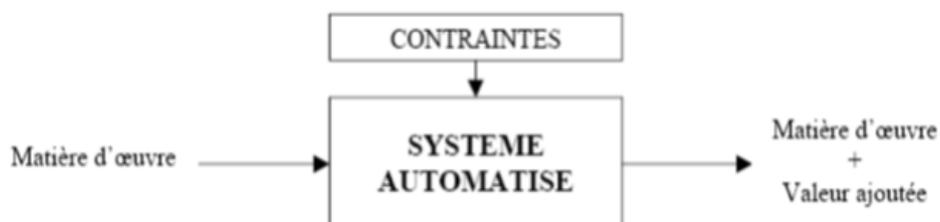


FIGURE 1.1 – Le système automatisé

## Structure d'un système automatisé :

Tout système automatisé peut se décomposer selon le schéma ci-dessous :

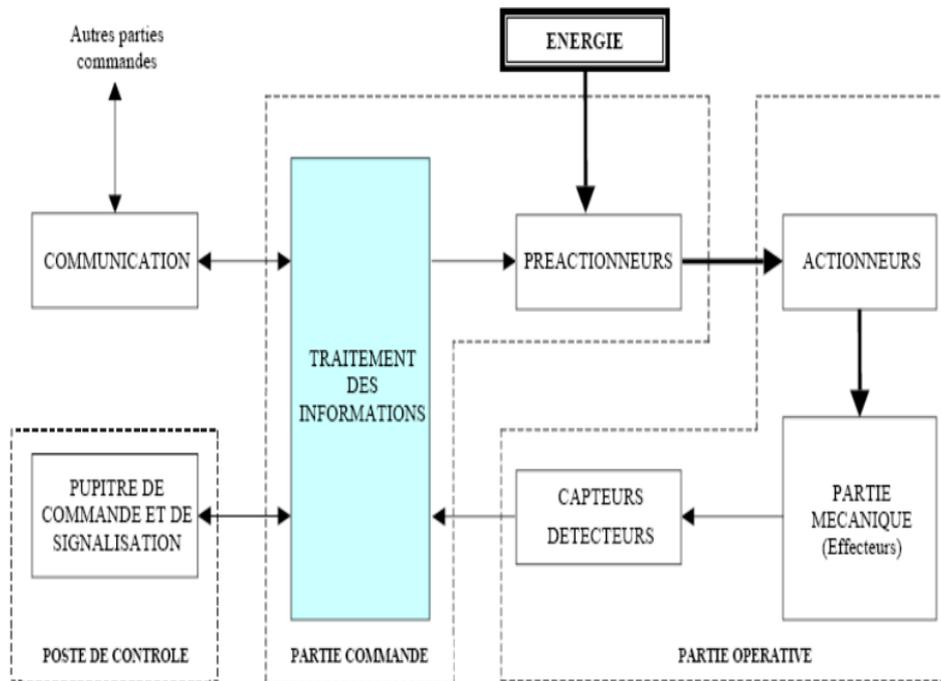


FIGURE 1.2 – Structure d'un système automatisé [6]

1. **Partie opérative** : Elle agit sur la matière d'oeuvre afin de lui donner sa valeur ajoutée.

Les actionneurs (moteurs, vérins) agissent sur la partie mécanique du système qui agit à son tour sur la matière d'oeuvre.

Les capteurs/détecteurs permettent d'acquérir les divers états du système.

2. **Partie commande** : Elle donne les ordres de fonctionnement à la partie opérative. Les préactionneurs permettent de commander les actionneurs ; ils assurent le transfert d'énergie entre la source de puissance (réseau électrique, pneumatique ...) et les actionneurs. Exemple : contacteur, distributeur ...

Ces préactionneurs sont commandés à leur tour par le bloc 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 implantés dans un automate programmable ou réalisé par des relais (on parle de logique câblée),

elle va commander les préactionneurs 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.

3. **Poste de contrôle** : 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).

### **Domaine d'emploi des automates :**

On utilise les API dans tous les secteurs industriels pour la commande des machines (convoyage, emballage ...) ou des chaînes de production (automobile, agroalimentaire ...) ou il peut également assurer des fonctions de régulation de processus (métallurgie, chimie ...).

Il est de plus en plus utilisé dans le domaine du bâtiment (tertiaire et industriel) pour le contrôle du chauffage, de l'éclairage, de la sécurité ou des alarmes.

### **Nature des informations traitées par l'automate :**

Les informations peuvent être de type :

1. **Tout ou rien (T.O.R.)** : l'information ne peut prendre que deux états (vrai/faux, 0 ou 1 ...). C'est le type d'information délivrée par un détecteur, un bouton poussoir ... etc.
2. **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 ...).
3. **Numérique** : l'information est contenue dans des mots codés sous forme binaire ou bien hexadécimale. C'est le type d'information délivrée par un ordinateur ou un module intelligent.

## 1.2.2 Architecture générale des API

### Aspect extérieur

Les automates peuvent être de type compact ou modulaire. De type compact, on distinguera les modules de programmation (LOGO de Siemens, ZELIO de Schneider, MILLENIUM de Crouzet ...) des microautomates.

Il intègre le processeur, l'alimentation, les entrées et les sorties. Selon les modèles et les fabricants, il pourra réaliser certaines fonctions supplémentaires (comptage rapide, E/S analogiques ...) et recevoir des extensions en nombre limité.

Ces automates, de fonctionnement simple, sont généralement destinés à la commande de petits automatismes. De type modulaire, le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées / sorties résident dans des unités séparées (modules) et sont fixées sur un ou plusieurs racks contenant le "fond de panier" (bus plus connecteurs).

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

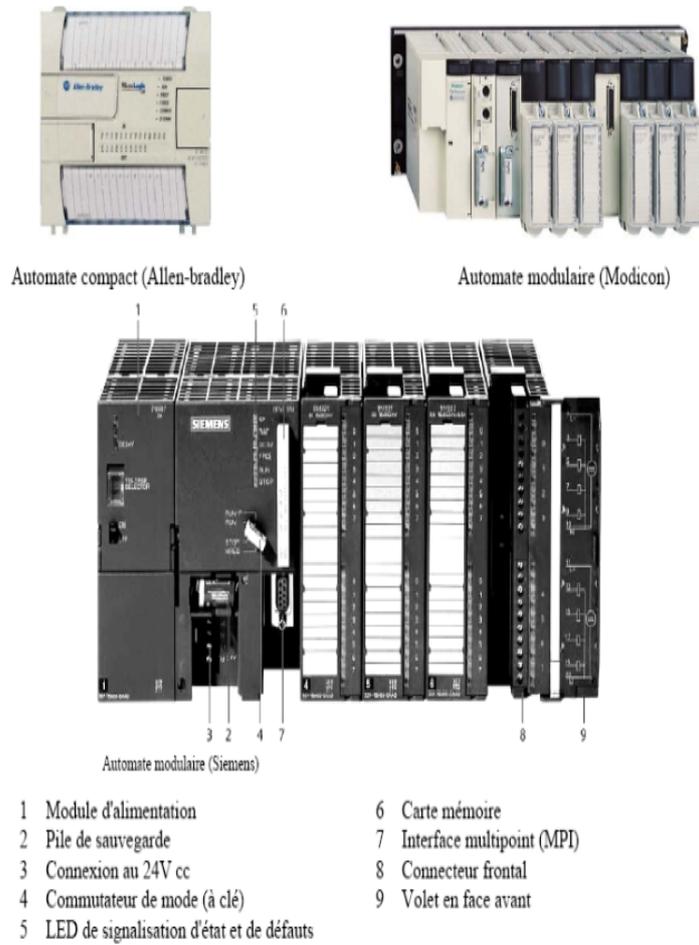


FIGURE 1.3 – types des automates complexes [6]

### Structure interne

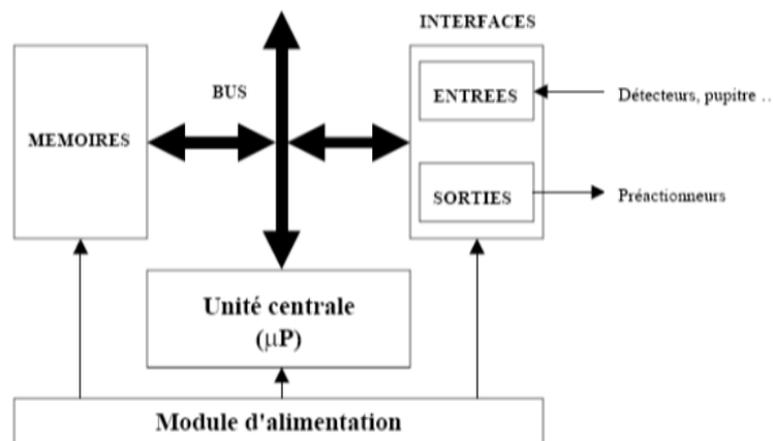


FIGURE 1.4 – Structure interne de le API [6]

**Module d'alimentation :** il assure la distribution d'énergie aux différents modules. Ce module permet l'alimentation en tension continue nécessaire au bon fonctionnement de l'automate programmable ainsi que le circuit de charge. Il convertit la tension du réseau (AC 220) en tension de service (DC 24V, 15V ou 5V). Ce module doit posséder de bonnes performances face aux microcoupures du réseau, ainsi qu'un transformateur d'isolement pour lutter contre les perturbations du même réseau.

**Unité centrale :** à base de microprocesseur, elle réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation ...). Elle est constituée de deux composants principaux :

1. **Le Processeur :** La principale fonction du processeur est de commander et gouverner les différentes activités du système. Il effectue cette tâche en interprétant et en exécutant un ensemble de programmes système. Ces derniers forment un groupe de programmes superviseurs stockés de façon permanente dans le processeur. Grâce à ces programmes superviseurs le processeur peut ainsi exécuter toutes ses tâches de contrôle, ainsi que divers fonctions domestiques.

Ces programmes appelés aussi « le pouvoir exécutif » assurent la communication entre l'API et l'utilisateur par le biais de dispositifs de programmation. Ils supportent aussi d'autres périphériques de communication tels que la surveillance des appareils de terrain, la lecture des données de diagnostic, l'alimentation, les modules d'entrées/sortie, les mémoires, et la communication avec les interfaces opérateurs.

2. **Les mémoires :** Tout système bâti autour d'un processeur possède un ou plusieurs types de mémoires. La mémoire système dans un API est composée de deux majeures parties :
  - **La mémoire exécutive :** assure le stockage des programmes superviseurs.
  - **La mémoire d'application :** est une zone de stockage dédiée aux programmes d'instructions utilisateur. [6]

Les exigences de stockage et de récupération pour les programmes superviseurs et les programmes d'application ne sont pas les mêmes, par conséquent ils ne sont pas toujours stockés dans le même type mémoire. Ainsi on aura l'organisation suivante :

- **ROM ou PROM** : Ce sont des mémoires mortes dont l'utilisateur ne peut que lire le contenu (ROM) et éventuellement les programmer à l'aide d'outils spéciaux (PROM). On y retrouve dans notre cas les programmes superviseurs
- **EPROM** : C'est une mémoire reprogrammable qui permet de stocker les programmes mis au point et utilisables.
- **RAM** : C'est une mémoire vive (volatile) secourue en général par une batterie, elle stocke les données système lors du fonctionnement.

**bus interne** : il permet la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions.

**Modules d'entrées/sorties (E/S)** : Les modules d'E/S assurent le rôle d'interface de la partie commande, ils se situent entre la CPU et le processus.

Pour ce faire ils doivent :

- Regrouper les variables de même nature pour diminuer la complexité et le coût.
- Assurer le dialogue avec la CPU.
- Traduire les signaux industriels en information API et inversement.

Plusieurs types de modules sont disponibles sur les marchés comme :

1. **Modules d'E/S tout ou rien (TOR)** : Ces modules traitent une information qui ne peut prendre que deux états (vrai ou faux, 0 ou 1), ils constituent l'interface entre l'API et les différents capteurs et pré-actionneurs présents.
2. **Modules d'E/S analogique** : : Dans ce cas, le signal traité est analogique et prend des valeurs comprises dans une plage bien déterminée. Ces modules sont munis de convertisseur analogique/numérique pour les entrées et respectivement de convertisseur numérique/analogique.
3. **Modules spécialisés** : l'information traitée est contenue dans des mots codés sous forme binaire ou bien hexadécimale. C'est le type d'information délivrée par un ordinateur ou un module intelligent.

**Modules de communication** : Les modules de communication comprennent les consoles et les boîtiers tests.

- **Les consoles :** Les consoles permettent la programmation, le paramétrage et les relevés d'informations, ils peuvent également afficher le résultat de l'autotest comprenant l'état des modules d'entrées et de sorties, l'état de la mémoire, de la batterie, etc. Ils sont équipés (pour la plupart) d'un écran à cristaux liquides.
- **Les boîtiers tests :** Les boîtiers de tests quant à eux sont destinés aux personnels d'entretien ; ils permettent de visualiser le programme ou les valeurs des paramètres que l'affichage de la ligne de programme à contrôler, la visualisation de l'état des entrées et des sorties...).

**Auxiliaires :** Il s'agit principalement :

- D'un ventilateur : qui est en général indispensable dans les châssis comportant de nombreux modules ou dans le cas où la température ambiante est susceptible de devenir assez élevée (plus de 40 °C).
- Du support mécanique : Il peut s'agir d'un rack (structure métallique accueillant des cartes avec généralement un raccordement arrière), l'automate se présentant alors sous forme d'un ensemble de cartes, d'une armoire, d'une grille et des fixations correspondantes.
- D'indicateurs d'état concernant la présence de tension, l'exécution du programme (mode RUN), la charge de la batterie, le bon fonctionnement des coupleurs.

## Fonctions réalisées

Les automates compacts permettent de commander des sorties en T.O.R et gèrent parfois des fonctions de comptage et de traitement analogique.

Les automates modulaires permettent de réaliser de nombreuses autres fonctions grâce à des modules intelligents que l'on dispose sur un ou plusieurs racks. Ces modules ont l'avantage de ne pas surcharger le travail de la CPU car ils disposent bien souvent de leur propre processeur.[6]

**Principales fonctions :**

- **Cartes d'entrées/sorties :** Au nombre de 4, 8, 16 ou 32, elles peuvent aussi bien réaliser des fonctions d'entrées, de sorties ou les deux.

Ce sont les plus utilisées et les tensions disponibles sont normalisées (24, 48, 110 ou 230V continu ou alternatif ...).Les voies peuvent être indépendantes ou posséder des

”communs”.

Les cartes d'entrées permettent de recueillir l'information des capteurs, boutons ... qui lui sont raccordés et de la matérialiser par un bit image de l'état du capteur.

Les cartes de sorties offrent deux types de technologies : les sorties à relais électromagnétiques (bobine plus contact ) et les sorties statiques (à base de transistors ou de triacs).

- **Cartes de comptage rapide** : elles permettent d'acquérir des informations de fréquences élevées incompatibles avec le temps de traitement de l'automate.

Exemple : signal issu d'un codeur de position.

- **Cartes de commande d'axe** : Elles permettent d'assurer le positionnement avec précision d'élément mécanique selon un ou plusieurs axes. La carte permet par exemple de piloter un servomoteur et de recevoir les informations de positionnement par un codeur. L'asservissement de position pouvant être réalisé en boucle fermée.
- **Cartes d'entrées/sorties analogiques** :Elles permettent de réaliser l'acquisition d'un signal analogique et sa conversion numérique (CAN) indispensable pour assurer un traitement par le microprocesseur.

La fonction inverse (sortie analogique) est également réalisée. Les grandeurs analogiques sont normalisées : 0-10V ou 4-20mA.

**Autres cartes :**

- Cartes de régulation PID.
- Cartes de communication (Ethernet ...).

### 1.2.3 Traitement du programme automate

Tous les automates fonctionnent selon le même mode opératoire :

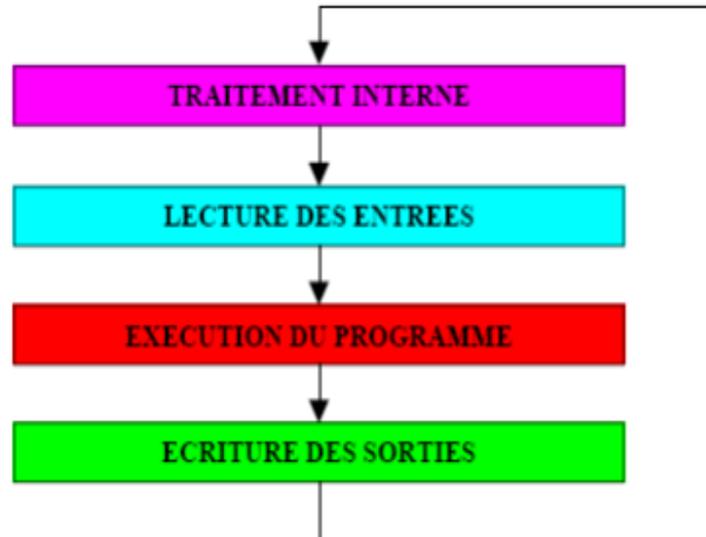


FIGURE 1.5 – Traitement du programme automate

**Traitement interne :**

L'automate effectue des opérations de contrôle et met à jour certains paramètres systèmes (détection des passages en RUN/STOP, mises à jour des valeurs de l'horodateur,...).

**Lecture des entrées :**

L'automate lit les entrées (de façon synchrone) et les recopie dans la mémoire image des entrées.

**Exécution du programme :**

L'automate exécute le programme instruction par instruction et écrit les sorties dans la mémoire image des sorties.

**Écriture des sorties :**

L'automate bascule les différentes sorties (de façon synchrone) aux positions définies dans la mémoire image des sorties.

Ces quatre opérations sont effectuées continuellement par l'automate (fonctionnement cyclique).

On appelle scrutation l'ensemble des quatre opérations réalisées par l'automate et le temps de scrutation est le temps mis par l'automate pour traiter la même partie de pro-

gramme. Ce temps est de l'ordre de la dizaine de millisecondes pour les applications standards.

**Le temps de réponse total (TRT)** Le temps de réponse total (TRT) est le temps qui s'écoule entre le changement d'état d'une entrée et le changement d'état de la sortie correspondante :

1. Le temps de réponse total est au plus égal à deux fois le temps de scrutation.
2. Le temps de scrutation est directement lié au programme implanté. Ce temps peut être fixé à une valeur précise (fonctionnement périodique), le système indiquera alors tout dépassement de période.

Dans certains cas, on ne peut admettre un temps de réponse aussi long pour certaines entrées : ces entrées pourront alors être traitées par l'automate comme des événements (traitement événementiel) et prises en compte en priorité (exemples : problème de sécurité, coupure d'alimentation ...).

Certains automates sont également pourvus d'entrées rapides qui sont prises en compte avant le traitement séquentiel mais le traitement événementiel reste prioritaire.

## 1.2.4 Langages de programmation

Il existe 4 langages de programmation des automates qui sont normalisés au plan mondial par la norme CEI 61131-3.

Chaque automate se programme via une console de programmation propriétaire ou par un ordinateur équipé du logiciel constructeur spécifique.

### Les langages textuels

**Liste d'instructions(IL : Instruction list) :** Langage textuel de même nature que l'assembleur (programmation des microcontrôleurs).(Simple à partir d'un ladder).

```

! %L0: LD      %I1.0
      ANDN   %M12
      OR(    %TM4.Q
      AND    %M17
      )
      AND    %I1.7
      ST     %Q2.5
! %L5: LD      %I1.10
      ANDN   %Q2.5
      ANDN   %M27
      IN     %TM0
      LD     %TM0.Q
      AND    %M25
      AND    %M000.XS
      [%M001S := %M001S+500]

```

FIGURE 1.6 – Liste d'instructions[6]

**Langage littéral structuré(ST :Structured Text) :** Langage informatique de même nature que le Pascal, il utilise les fonctions comme :

- 1 : if ... then ....
  - 2 : if ... then ....
- (Peu utilisé par les automaticiens)

```

IF %M0 THEN
  FOR %M0099 := 0 TO 31 DO
    IF %M00100 [%M0099] > 0 THEN
      %M0010 := %M00100 [%M0099];
      %M0011 := %M0099;
      %M1 := TRUE;
      EXIT;          (*Sortie de la boucle FOR*)
    ELSE
      %M1 := FALSE;
    END_IF;
  END_FOR;
ELSE
  %M1 := FALSE;
END_IF;

```

FIGURE 1.7 – Langage littéral structuré [6]

## Les langages graphiques

**Langage à contacts(LD :Ladder diagram) :** Langage graphique développé pour les électriciens. Le LD est une représentation graphique qui traduit directement des équations booléennes en un circuit électrique et ce en combinant des contacts et des relais à l'aide de connexions horizontales et verticales ; les contacts représentent les entrées (contact normalement ouverts, contacts normalement fermés, ...) et les relais les sorties (relais directs, relais

inversés, . . . ). Les diagrammes LD sont limités sur la gauche par une barre d'alimentation et par la masse sur la droite. (C'est le plus utilisé).

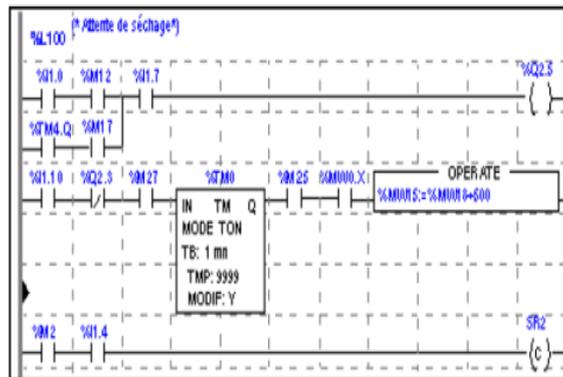


FIGURE 1.8 – langage à contacts [6]

Par exemple la fonction logique :  $s = a.(c + \bar{d}.b)$ , est réalisée par le diagramme suivant :

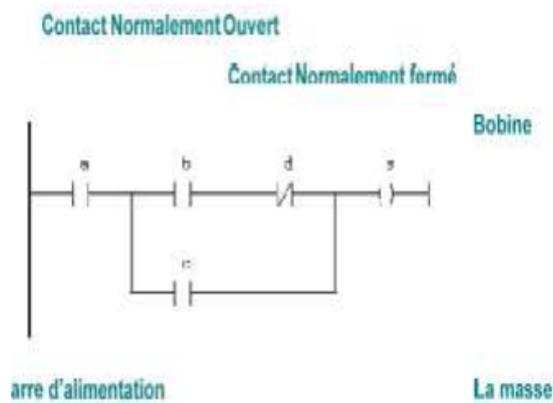


FIGURE 1.9 – Exemple :Langage à contacts[7]

**Blocs Fonctionnels(FBD :Function Bloc Diagram) :** Langage graphique ou des fonctions sont représentées par des rectangles avec les entrées à gauche et les sorties à droites. Les blocs sont programmés (bibliothèque) ou programmables.[7]

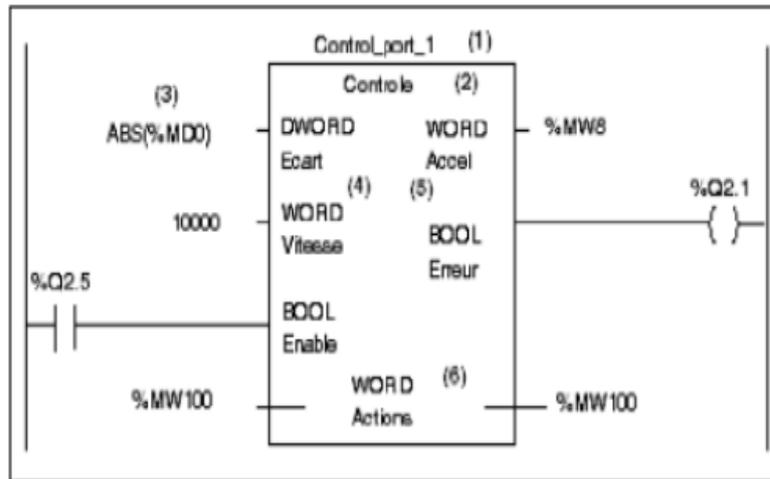


FIGURE 1.10 – Blocs Fonctionnels [7]

La programmation avec le FBD est très souple et facile à apprendre, la plupart des fonctions nécessaires (les fonctions arithmétique et logique, les fonctions de temporisation, des blocs fonctionnels PID. . .) sont déjà disponibles dans la bibliothèque. Il suffit juste de les connecter et de bien paramétrer les entrées et les sorties, c'est-à-dire respecter le type des variables lors de la connexion.

Par exemple, pour réaliser la fonction arithmétique suivante :  $w = 20 \cdot \frac{x + y}{z}$ , on aura besoin de trois blocs : un pour l'addition, un pour la multiplication et un autre pour la division.

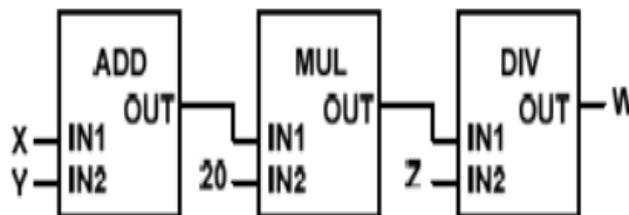


FIGURE 1.11 – Exemple d'un programme en Fonction Bloc[7]

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

Le GRAFCET ou Graphe Fonctionnel de Commande Etape Transition est une méthode de représentation graphique permettant de décrire le cahier de charge d'un automate. Il est adapté aux systèmes à évolution séquentielle ; il est défini par un ensemble d'éléments graphiques de base traduisant le comportement de la partie commande vis-à-vis de ses entrées

et ses sorties.

Une étape représentée par un carré qui a un numéro identificateur et les actions associées sont indiquées dans un rectangle relié à la partie droite du carré (l'étape initiale est représentée par un carré double).

Une liaison orientée représentée par une ligne, parcourue par défaut de haut en bas ou de gauche à droite.

Une transition entre deux étapes et à laquelle est associée une réceptivité inscrite à sa droite, est représentée par une barre perpendiculaire aux liaisons orientées qui relient ces étapes.

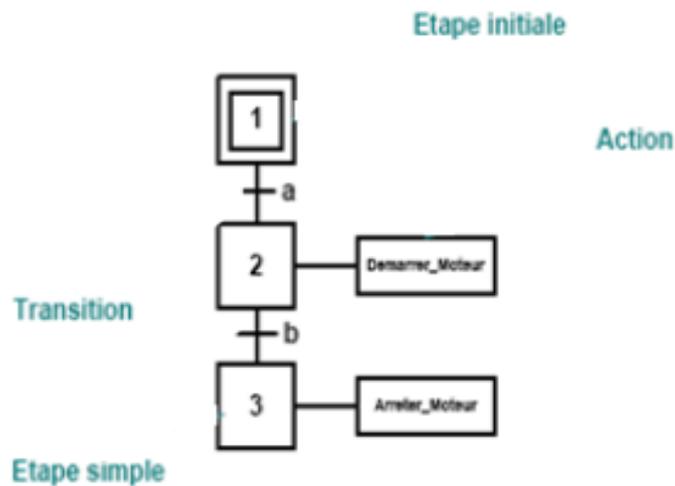


FIGURE 1.12 – Le grafcet.

Le GRAFCET, langage de spécification, est utilisé par certains constructeurs d'automate (Schneider, Siemens ) pour la programmation. Parfois associé à un langage de programmation, il permet une programmation aisée des systèmes séquentiels tout en facilitant la mise au point des programmes ainsi que le dépannage des systèmes.

On peut également traduire un grafcet en langage en contacts et l'implanter sur tout type d'automate.

Certains logiciels permettent une programmation totale en langage GRAFCET et permettent de s'adapter à la plupart des automates existants (logiciels CADEPA ou AUTOM-GEN).

## 1.2.5 Sécurité

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

Placé au coeur 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 élevé.
- 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'horloges, 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.

## 1.2.6 Conclusion

La plus part des grands constructeurs d'automates programmables, fournissent des logiciels de configuration et de programmation munis des langages SFC, LD, FBD, ST et IL. Le choix d'un langage s'appuie sur la complexité de l'application et de la tâche de commande. Il est préférable d'utiliser les langages graphiques (SFC, LD et FBD) pour la réalisation des programmes de commande séquentielle. Le SFC est la réalisation direct d'un GRAFCET de commande, les langages LD et FBD sont plus utiles pour les opérations combinatoires sur bits ou mots.

Les langages textuels sont beaucoup plus performants pour le traitement de variables continues ou analogiques ainsi que pour la commande des systèmes continus. Les programmes en IL sont un peu fastidieux à mettre en œuvre, mais connaissent une optimisation parfaite pour le temps de traitement et l'occupation de la mémoire. Le ST est le langage par excellence, très utile pour des utilisateurs ayant des connaissances en langages évolués tels que PASCAL.

## 1.3 Les automates programmable industriels Siemens

### 1.3.1 Présentation de la gamme SIMATIC Siemens

#### Historique

Les années soixante-dix ont connu une explosion des besoins industriels dans le domaine de l'automatique, de la flexibilité et de l'évolutivité des systèmes automatisés de production (SAP).

Siemens AG est un groupe allemand. Fondé 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 grandes entreprises européennes. Dans le cadre de son expansion, Siemens crée le 28 janvier 1972, le consortium UNIDATA. Ce projet européen a permis, 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 est revenue 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.

## Les différentes variantes dans la gamme SIMATIC

De nos jours SIEMENS propose une gamme complète de produits pour l'automatisation industrielle. En effet, par le biais de sa gamme SIMATIC, elle intègre tout l'environnement d'automatisation. Ceci est effectué par :

- Une configuration et une programmation homogène des différentes unités du système.
- Une gestion cohérente dans données.
- Une communication globale entre tous les équipements d'automatisme mis en oeuvre.

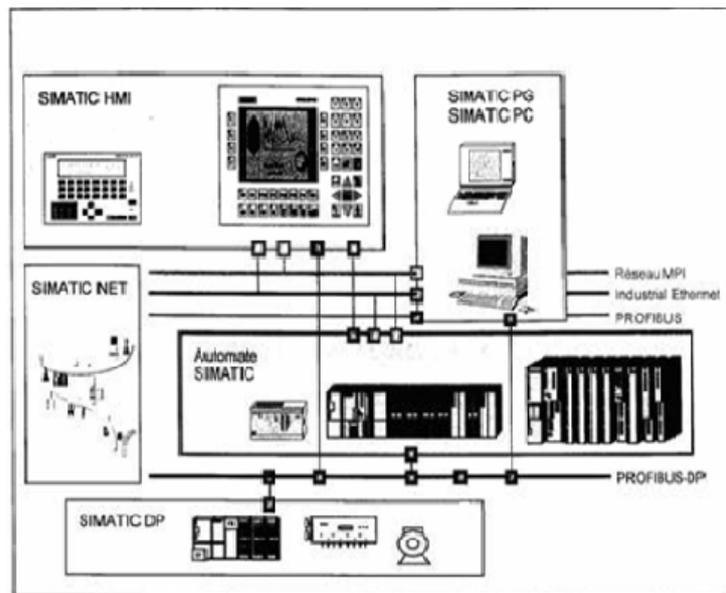


FIGURE 1.13 – Présentation de la gamme SIMATIC.

La gamme SIMATIC comporte trois grandes familles :

### 1. SIMATIC S7 :

La gamme SIMATIC S7 contient différentes familles d'automates :

- **S7200** : qui est un Micro-automate modulaire pour les applications simples, avec possibilités d'extension jusqu'à 7 modules, et une mise en réseau par l'interface multipoint (MPI) ou PROFIBUS.

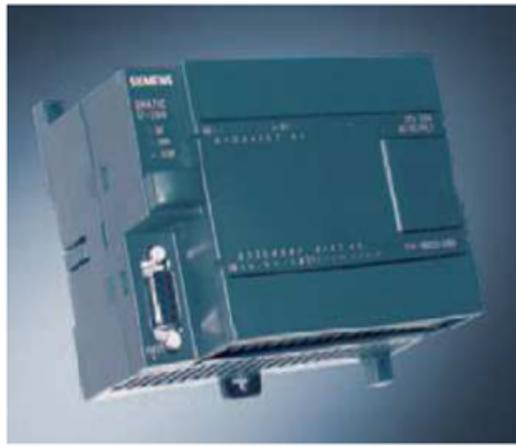


FIGURE 1.14 – L'API S200 [8]

- **S7300** :est un Mini-automate modulaire pour les applications d'entrées et de milieu de gamme, avec possibilités d'extension jusqu'à 32 modules, et une mise en réseau par l'interface multipoint (MPI), PROFIBUS et Industrial Ethernet.



FIGURE 1.15 – L'API S300 [8]

- **S7400** :est un automate de haute performance pour les applications de milieu et haut de gamme, avec possibilité d'extension a plus de 300 modules, et une possibilité de mise en réseau par l'interface multipoint (MPI), PROFIBUS ou Industrial Ethernet.



FIGURE 1.16 – L'API S400

2. **SIMATIC C7** :Le SIMATIC C7 combine automate programmable et panneau operateur dans une seule unité .L'automate compte la CPU, les modules d'entrées/sorties, et le panneau operateur qui est utilisé comme une interface Homme/Machine HMI. Le C7 permet la visualisation des états de fonctionnement, des valeurs actuelles du processus et des anomalies.



FIGURE 1.17 – La gamme SIMATIC C7 [9]

3. **SIMATIC M7** :Les SIMATIC M7 sont des calculateurs industriels compatibles PC. Il s'agit d'un système modulaire sous boîtier, construit dans la technique des automates SIMATIC S7. Il peut être intégré dans un automate S7 300/400 ou être utilisé comme système autonome avec une périphérie choisie dans la gamme S7. Le M7 300/400 est capable d'effectuer simultanément avec une seule CPU des opérations en temps réel, par exemple des algorithmes complexes de commande, de régulation ainsi que des tâches de visualisation et de traitement informatique. Les logiciels sous

DOS ou Windows sont exploitables sur le M7-300. Par ailleurs, avec son architecture normalisée PC, il permet une extension programmable et ouverte de la plate-forme d'automatisation S7.



FIGURE 1.18 – La gamme SIMATIC M7 [9]

### 1.3.2 Description de l'automate programmable S7-313 :



FIGURE 1.19 – L'API S7-313C [9]

L'automate programmable utilisé est le S7-313C, c'est un automate compact constitué des éléments suivant :

- CPU 313C.
- Module E/S digitales intégré.
- Module E/S analogique intégré.

**Remarque :** l'automate programmable compact SIEMENS ne possède pas d'alimentation intégrée; il est donc nécessaire d'alimenter le reste des composants par une source externe.

Dans ce qui va suivre nous nous proposons de décrire à travers des tableaux les caractéristiques de ces différents composants.

## La CPU

Sur la plupart des CPU 300, on peut remarquer les éléments suivants :

- Un commutateur de fonctionnement.
- Des LEDs de visualisation.
- Une pile.
- Une carte mémoire.
- Une interface MPI.

En ce qui concerne la CPU 313C le tableau récapitulatif des différentes positions du commutateur du mode de fonctionnement est le suivant :

Position	Signification	Explication
RUN	Mode de marche	La CPU traite le programme utilisateur. Ce dernier peut être modifié
STOP	Mode d'arrêt	La CPU ne traite aucun programme utilisateur
MRES	Effacement général	Position instable du commutateur pour effacement général de la CPU

TABLE 1.1 – Position du commutateur du mode de fonctionnement

Le tableau récapitulatif des LEDs de visualisation est le suivant :

LED	Signification
SF(rouge)	Défaut de matériel ou logiciel
DC5V(verte)	L'alimentation 5V et bus S7-300 est correcte
FRCE(jaune)	Le forçage permanent est actif
RUN(verte)	CPU en RUN :Le LED clignote à 1 Hz au démarrage :à 0.6 Hz en mode d'attente
STOP(jaune)	CPU en STOP AU ATTENTE ou en démarrage :le LED clignote en cas d'effacement générale

TABLE 1.2 – Les LEDs de visualisations

Quant aux éléments : pile, carte mémoire, interface MPI seront décrit dans le tableau suivant, avec les caractéristiques techniques de la CPU :

CPU et version	
N <sup>o</sup> de référence	6ES7 313-5BF03-0AB0
Version matériel	1
Version microprogramme	V2.6
Pack de programmation correspondant	STEP 7 à partir de V5.4 + SP3 ou STEP 7 à partir de V5.3 + SP2 avec HSP0123
Mémoire	
Memoire de travail intégrée	64 Ko
Memoire de travail extensible	Non
Memoire de chargement	Enfichable via microcarte mémoire(max 8 Mo)
Conservation des données sur la microcarte mémoire(après la dernière programmation)	Minimum 10 ans
Sauvegarde	Garantie par la mirocarte mémoire

Temps de traitement( $\mu s$ )

Opérations sur bit	Min 0.1
Opération sur mot	Min 0.2
Opérations arithmétiques sur nombres entiers	Min 2
Opérations arithmétiques sur nombres réels	Min 3

Compteurs

Compteurs S7 :	
Nombre	256
Plage de comptage	0 à 999
Rémanence	Réglable
Rémanence par défaut	De Z0 à Z7
Compteur CEI :    Type	SFB
Nombre	Illimité(suivant la mémoire de travail)

Temporisations

Nombre de temporisations	256
Plage de temps	10 ms à 9990 s
Rémanence	Réglable
Rémanence par défaut	Pas de rémanence
Tomporisation CEI :	
Type	SFB
Nombre	illimité (suivant la mémoire de travail)

Zones de données

Mémentos :	
Taille	256 octets
Rémanence	De MB 0 à MB 71
Rémanence par défaut	De MB 0 à MB 15
Mémentos de cadence	8 bits(1 octet de memento)
Blocs de données :	
Nombre	511 :de DB1 à DB551
taille	Max 16Ko

---

Blocs

Nombre total	1024(DB,FB,DB)
OB :	
Taille	Max 16Ko
cycle libre	OB1
alarmes horaires	OB10
alarmes temporisations	OB20
alarmes cycliques	OB35
alarmes processus	OB40
alarmes de démarrage	OB100
alarmes d'erreur asynchrones	OB80,82,85 87
FB :	
Nombre	1024 :de FB1 à FB1024
Taille	Max 16Ko

### Zones d'adresses(E/S)

Périphérie totale :	
Entrées	1024 octets (adressage libre)
Sorties	1024 octets (adressage libre)
Mémoire image des E/S :	
Entrées	128 octets
Sorties	128 octets
Voies TOR :	
Voies intégrées d'entrées	16 voies intégrées
Voies intégrées de sorties	16 voies intégrées
Entrées	1016
Sorties	1008
Voies analogiques :	
Voies intégrées d'entrées	4+une entrées résistance
Voies intégrées de sorties	2
Entrées	253
Sorties	250

### Interface MPI

Services :	
Communication PG/PC(OP)	Oui
Routage	Non
Communication par données globales	oui
Communication de base S7	Oui en tant que client
Vitesse de transmission	187.7 Kbauds max

### Programmation

Langage de programmation	CONT,LIST,LOG
Niveaux de parenthésés	8
Fonctions système(SFC)	Oui
Blocs fonctionnels système(SFC)	Oui
Protection du programme utilisateur	Oui

## E/S intégrées

Adresse par défaut des :	
Entrées TOR	De 124.0 à 126.7
sorties TOR	De 124.0 à 125.7
Entrées analogiques	De 752 à 761
sorties analogiques	De 752 à 755

## Dimensions

montage L*H*P(mm)	120*125*130
poids	660g

## Tensions,courants

Tension d'alimentation(valeur nominale)	24 VDC
plage admissible	De 20.0 à 28.8 VDC
Courant absorbé(en marche àa vide)	150 mA
Courant d'appel à l'enclenchement	11A
Courant absorbé(valeur nominale)	700mA
Protection externe des conducteurs de l'alimentation	Commutateur LS,type C min 2A
Puissance dissipée	14W

TABLE 1.3 – Caractéristiques techniques de la CPU-313C [1]

## Module E/S digitales intégré (DI24/DO16)

Nous avons vu que l'automate S7-313C possède son propre module E/S digitales, ses caractéristiques sont résumées dans le tableau suivant :

### Données spécifiques au module

Entrées :	
Nombre	24
Entrées utilisables pour les fonctions technologiques	12
Longueur de câble	600m
Visualisation	LED verte par voie
Sorties :	
Nombre	16
Sorties rapide	4
Longueur	600m
Visualisation	LED verte par voie

### Tensions, courants, potentiels

Entrées :	
Tension de charge nominale	24 VDC
Irréversibilité	Oui
Nombre d'entrées peuvent être activées simultanément	24 jusqu'à 40°C <sup>0</sup> en position horizontale 12 jusqu'à 60°C <sup>0</sup> en position horizontale 12 jusqu'à 40°C <sup>0</sup> en position verticale
Séparation galvanique :	
Entre voies et buses internes	Oui
Entre voies	Non
Courant absorbé par la tension de charge sorties :	70mA au max
Tension de charge nominale	24VDC
Irréversibilité	Non
Courant total des sorties	3A jusqu'à 40°C <sup>0</sup> en position horizontale 2A jusqu'à 60°C <sup>0</sup> en position horizontale 2A jusqu'à 40°C <sup>0</sup> en position verticale

Caractéristiques pour la sélection d'un capteur(entrées)

Tension D'entrées :	
Valeur nominale	24VDC
Pour le signal '1'	De 15 à 30VDC
Pour le signal '0'	De -3 à 5 VDC
Courant de repos admissible	1.5mA
Courant d'entrées avec le signal '1'	9mA
Retard à l'entrées nominale	3ms,paramétrable(0.1/0.5/3/15ms)
Raccordement avec capteurs	Type BERO 2 fils

Caractéristiques pour la sélection d'un actionneur (sorties)

Tension de sorties avec le signal '1'	24VDC(-0.8)
Courant de sortie :	
Avec le signal '1'	valeur nominale 0.5A
plage admissible	De 0.005 à 0.6A
Avec le signal '0' :	
Plage de résistance de charge	De 40 Ohm à 4 Kohm
Commande d'un actionneur TOR	Possible

TABLE 1.4 – Caractéristiques techniques du module E/S digitales [1]

## Le module E/S analogiques intégré (AI5/AO2)

caractéristiques du module E/S analogique sont résumées dans le tableau suivant :

Données spécifiques au module	
Entrees :	
Nombre	4 voies entrées courant/tension 1 voie entrées résistance
Longueur de câble	100m
Sorties :	
Nombre	2
Longueur de câble	200m
Tensions,courants,potentiels	
Entrées :	
Entrées de résistance :	
Tension de marche à vide	2.5V
Courant de mesure	De 1.8 à 3.3 mA
Separation galvanique :	
Entre voies buses internes	Oui
Entre voies	Non
Sorties :	
Tension de charge nominale	24VDC
Irréversibilité	Oui
Separation galvanique :	
Entre voies et buses internes	Oui
Entre voies	Non
Formation des valeurs analogiques	
Entrees :	
Principe de mesure	Codage de la valeur actuelle (approximation successives)
Temps d'intégration /conversion/résolution :	

paramétrage	Oui
Temps d'intégration en ms	2.5/16.6/20
Fréquence d'entrées autorisée	Max 400Hz
Résolution	11bits+VZ
Constante de temps du filtre d'entrées	0.38 ms
Temps d'exécution de base	1 ms
Sorties :	
Résolution	11 bits
Temps de conversion	1 ms
Temps d'établissement pour la charge ohmique	0.6 ms
pour la charge capacitive	1 ms
pour la charge inductive	0.6 ms

Caractéristiques pour la sélection d'un capteur

Tension d'entrées autorisé(limite) :	
Pour la tension d'entrées	Max 30V
Pour l'entrées de courant	Max 2.5V
Courant d'entrees autorisé :	
Pour la tension d'entrées	Max 0.5 mA
Pour l'entrees de courant	Max 50 mA
Raccordement du capteur de signaux :	
Pour la mesure de la tension	Possible
Pour la mesure du courant :	
Transducteur de mesure 2 fils	Possible avec alimentation externe
Transducteur de mesure 4 fils	Possible
Pour la mesure du courant :	
borne de ligne 2 fils	Possible
borne de ligne 3 fils	Impossible
borne de ligne 4 fils	Impossible

Caractéristiques pour la sélection d'un actionneur

Tension	$\pm 0 - 10V$
Courant	$\pm 0 - 20mA$
Resistance de charge :	
Capacitive(sortie tension)	min $1K\Omega$ , max $0.1\mu F$
Inductive(sortie courant)	max $300\Omega$ ; $0.1mH$
Sortie tension :	
protection contre les courts-circuits	Oui
Courant de court-circuit	55 mA
Sorties tension :	
Protection contre les courts-circuits	Oui
Courant de court-circuit	55 mA
Sortie de courant :	
Tension de marche à vide	17V
limites des courants/tensions appliques de l'extérieur :	
Tension au niveau des sorties	16V
Courant	50mA
Raccordement des actionneurs :	
Pour la sortie du courant :	
Raccordement 2 fils	Possible
Montage à 4 fils	Impossible
Pour la sortie courant ;	
Raccordement à 2 fils	Possible

TABLE 1.5 – Caractéristique techniques du module E/S analogique [1]

**Remarques :**

1. Les entrées et sorties du module sont adressées à partir de l'adresse initiale du module. L'adresse d'une voie correspond à l'adresse de début du module plus un déport d'adresse (2 octets).
2. Les voies d'entrées non utilisées doivent être court-circuitées. Par cette mesure, on obtient une immunité optimale aux perturbations pour le module analogique.
3. Les voies de sortie libres doivent être laissées à l'air libre.
4. Le module d'E/S analogique n'a pas d'étendues de mesure négatives.

Systeme				Entendue de tension
Pourcentage	Décimale	Hexadécimal	Tension	Domaine
117.56%	32511	7EFF	11.76	Domaine de dépassement
	27649	6C01		
100%	27648	6C00	10V	Etendue nominale
75%	20736	5100	7.5 V	
0.0036%	1	1	361.7 $\mu V$	
0%	0	0	0 v	
	-1	FFFF	0 V	Impossible la tension min d'entrées ou de sortie est limités à 0 V
	-32768	8000	0 V	

TABLE 1.6 – Correspondance valeurs analogique tension

La correspondance courant valeurs analogiques est représentée dans le tableau qui suit :

Systeme				Entendue de tension
Pourcentage	Décimale	Hexadécimal	Tension	Domaine
117.56%	32511	7EFF	32.52 mA	Domaine de dépassement
	27649	6C01		
100%	27648	6C00	20 mA	Étendue nominale
75%	20736	5100	15 mA	
0.0036%	1	1	723.4 nA	
0%	0	0	0 mA	
	-1	FFFF	0 mA	Impossible la tension min d'entrées ou de sortie est limités à 0 mA
	-32768	8000	0 mA	

TABLE 1.7 – Correspondance valeurs analogique courant

## 1.4 Conclusion

De part la mobilité, la flexibilité de son architecture, la facilité de sa programmation, de sa connexion et de son adaptation dans les milieux industriels, l'automate programmable est devenu un produit incontournable dans les systèmes automatisés de production.

Néanmoins la diversité des possibilités qu'il offre dans sa mise en œuvre et son coût ne constituent pas des conditions suffisantes lors de l'élaboration d'une solution d'automatisme.

En effet, une bonne analyse du problème à résoudre, ainsi que le respect des règles d'installation sont de rigueur.

## **Chapitre 2**

# **Réalisation de la commande et la supervision sur le TIA Portal**

## 2.1 Introduction au portail TIA

### 2.1.1 Introduction

Le portail Totally Integrated Automation, ci-après appelé portail TIA, offre la fonctionnalité complète pour réaliser des tâches d'automatisation, regroupées dans une plateforme logicielle globale.

Le portail TIA permet pour la première fois de disposer, au sein d'un cadre, d'un environnement de travail commun pour une ingénierie transparente avec différents systèmes SIMATIC. Le portail TIA nous permet donc également pour la première fois de travailler de manière sécurisée et confortable dans le système global.

Tous les progiciels requis, de la configuration matérielle à la visualisation du processus en passant par la programmation, sont intégrés dans un cadre complet d'ingénierie.



FIGURE 2.1 – TIA PORTAL [10]

## 2.1.2 Les avantages de travailler avec le portail TIA

En travaillant avec le portail TIA, on bénéficie d'un soutien efficace lors de la réalisation de notre solution d'automatisation grâce aux fonctions suivantes :

- Ingénierie transparente basée sur un concept unitaire de commande L'automatisation de processus et la visualisation de processus vont "de paire".
- Gestion centrale cohérente des données à l'aide d'éditeurs performants et d'une symbolique transparente.

Une fois créées, les données sont disponibles dans tous les éditeurs. Les modifications et les corrections sont reprises et mises à jour automatiquement dans l'ensemble du projet.

- Concept global de bibliothèque.

Utilisez les instructions prédéfinies et réutilisez des parties de projets déjà existantes.

- Plusieurs langages de programmation.

Cinq langages de programmation différents sont à notre disposition pour effectuer notre tâche de programmation.

## 2.2 Vues du portail TIA

La vue du portail offre un aperçu de toutes les étapes de configuration du projet et un accès orienté tâche de votre tâche d'automatisation.

Les différents portails ("Démarrage", "Appareils et réseaux", "Programmation API", "Visualisation", " En ligne et diagnostic", etc.) montrent de manière claire et ordonnée l'ensemble des étapes de travail nécessaires à l'exécution d'une tâche d'automatisation. Vous pouvez alors décider rapidement de ce que vous souhaitez faire et appeler l'outil dont vous avez besoin.

La figure suivante montre la structure de la vue du portail :

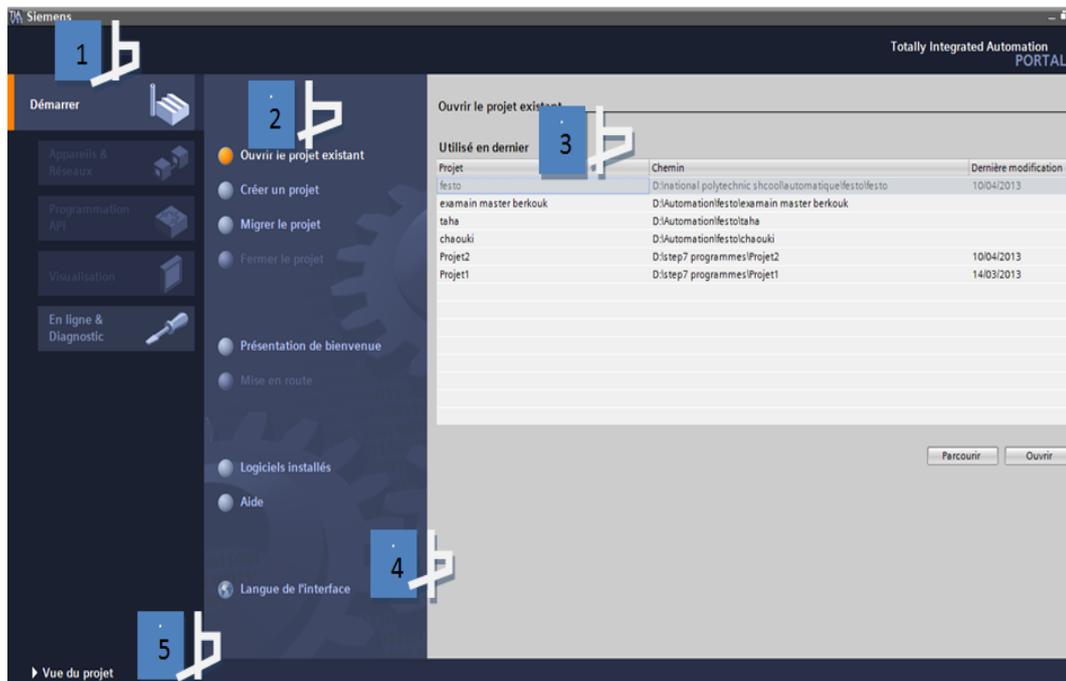


FIGURE 2.2 – VUE TIA PORTAL

- **Portails pour les différentes tâches :** Les portails mettent à disposition les fonctions élémentaires requises par chaque type de tâche. Les portails qui vous sont proposés dans la vue de portail dépendent des produits installés.
- **Actions correspondant au portail sélectionné :** En fonction du portail sélectionné, les actions que vous pouvez exécuter dans ce portail vous sont proposées ici. L'appel d'une aide contextuelle vous est proposé dans chaque portail.
- **Fenêtre de sélection correspondant à l'action sélectionnée :** La fenêtre de sélection est disponible dans chaque portail. Son contenu s'adapte à la sélection en cours.
- Sélectionner la langue d'interface.
- Passer à la vue de projet.

### 2.2.1 La vue du projet

La vue du projet correspond à une vue structurée hiérarchisée de l'ensemble des composants d'un projet. La vue du projet permet un accès rapide intuitif à tous les objets du projet, aux zones de travail correspondantes et aux éditeurs. Les éditeurs existants permettent de créer et d'éditer tous les objets nécessaires au projet. Toutes les données correspondantes

relatives aux objets sélectionnés s'affichent dans les différentes fenêtres de travail.

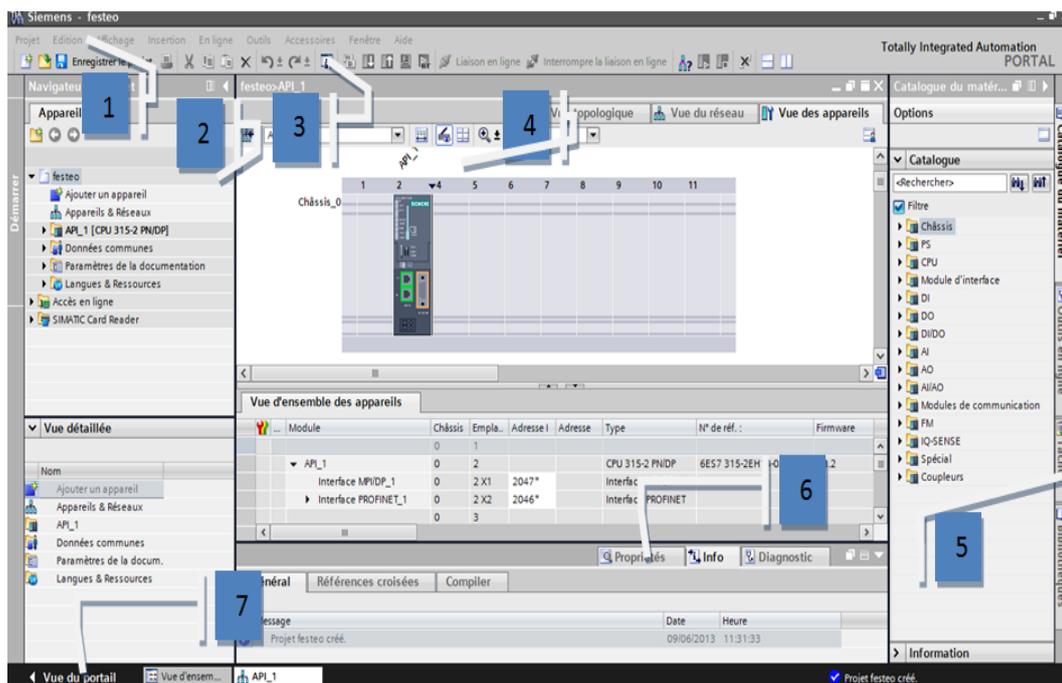


FIGURE 2.3 – VUE PROJET

- **Barre des menus** : la barre des menus contient toutes les commandes indispensables pour réaliser votre tâche.
- **Navigateur de projet** : le navigateur de projet vous permet d'accéder à tous les composants et données de projet.
- **Barre d'outils** : la barre d'outils met à votre disposition des boutons vous permettant d'exécuter les commandes les plus fréquemment utilisées. Vous pouvez ainsi accéder à ces commandes plus vite que par les menus dans la barre des menus.
- **Zone de travail** : la zone de travail affiche les objets que vous ouvrez afin de les éditer.
- **Task Cards** : vous disposez de Task Cards en fonction de l'objet édité ou sélectionné. Les Task Cards disponibles figurent dans une barre au bord droit de l'écran. Vous pouvez à tout moment ouvrir ou fermer cette barre.
- **Fenêtre d'inspection** : la fenêtre d'inspection affiche des informations supplémentaires sur un objet sélectionné ou sur des actions exécutées.
- **Vue du portail** : basculer à la vue du portail.

## 2.3 Introduction au projet

Dans notre projet on a abordé une approche méthodique permettant de comprendre comment une tâche d'automatisation complète peut être exécutée pas à pas avec le portail TIA V11.0 Professional.

Le plus simplement du monde, en apprenant à utiliser le portail TIA avec cette approche méthodique, toutes les étapes de commande peuvent être transposées à d'autre projet d'automatisation.

### 2.3.1 Condition

- **Matériel** : Comme le module utilisé et le pupitre IHM permettant de tester le projet sont simulés côté logiciel, aucun matériel supplémentaire n'est nécessaire hormis un ordinateur en état de marche.
- **Logiciels** : Les logiciels suivants doivent être installés sur l'ordinateur et en état de fonctionner :
  - "STEP 7 Professional V11".
  - "WinCC Advanced V11".
  - les logiciels de simulation "S7-PLCSIM" et "WinCC Runtime Advanced Simulator".

### 2.3.2 Le projet

Le projet "Station Festo" est réalisé en tant qu'installation industrielle de régulations de processus composé de quatre boucles de régulations, comme le montre la figure ci-après :



FIGURE 2.4 – STATION FESTO[1]

Plus d'information sur la station de régulation FESTO PCS Compact et les boucles de régulation qu'elle comporte vont être expliqué dans le chapitre suivant.

## 2.4 Description de l'application

Nous avons vu les différents types de régulation disponibles dans le système d'apprentissage didactique pour l'automatisation FESTO. Notre application consiste donc à élaborer un programme d'automatisation qui permet de gérer d'une manière optimale ces boucles de régulations.

L'application est divisée en deux parties :

1. La partie STEP7 qui contient les programmes principaux de régulation.
2. La partie WINCC qui contient les programmes de simulation, d'interfaçage et d'affichage.

## 2.5 Description des programmes STEP7

En premier lieu, nous nous proposons de présenter, ci-dessous l'organigramme décrivant le choix des différentes boucles de régulation.

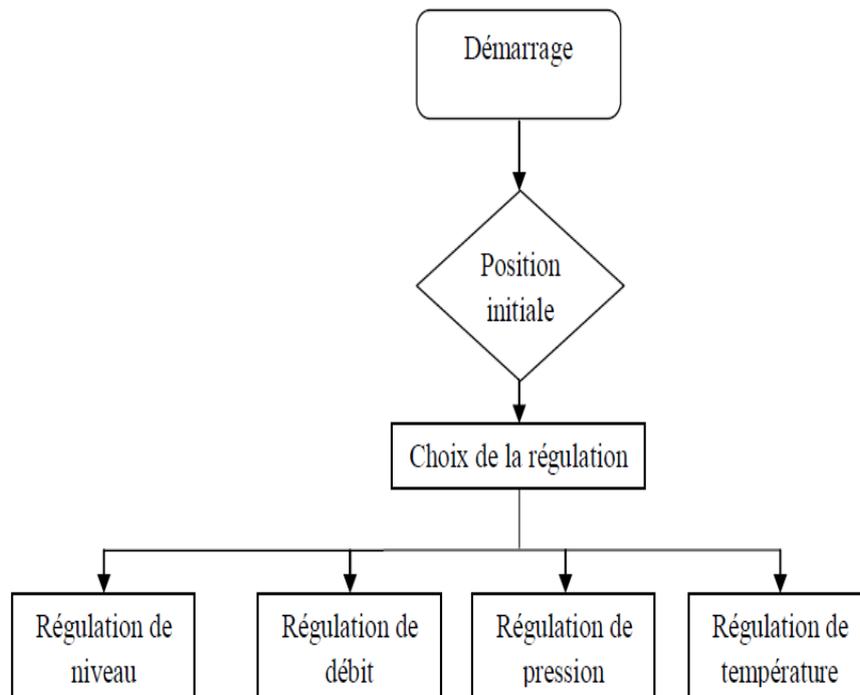


FIGURE 2.5 – Organigramme du choix des boucles de régulation

Suivant le choix de la régulation plusieurs configurations s'offrent à nous. Si le choix s'est arrêté à la régulation de niveau, l'organigramme de calcul de la commande est alors représenté comme suit :

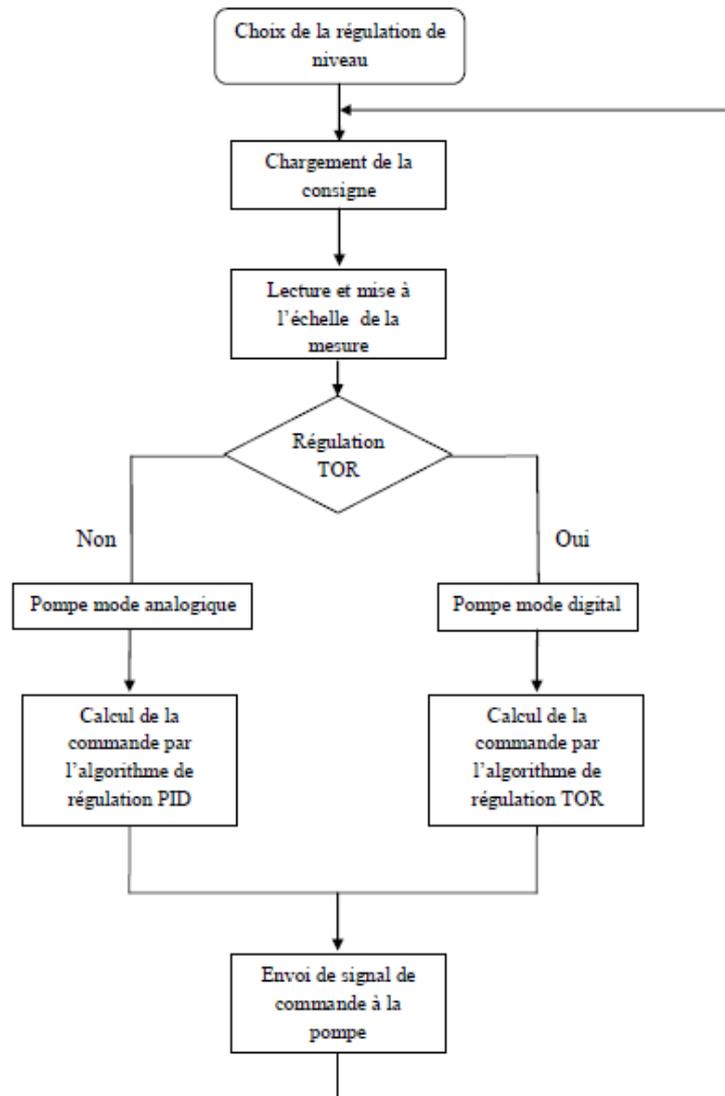


FIGURE 2.6 – Organigramme de la régulation de niveau

Si maintenant le choix s'est arrêté à la régulation de débit ou bien sur la régulation de pression, l'organigramme de calcul de la commande est représenté comme suit :

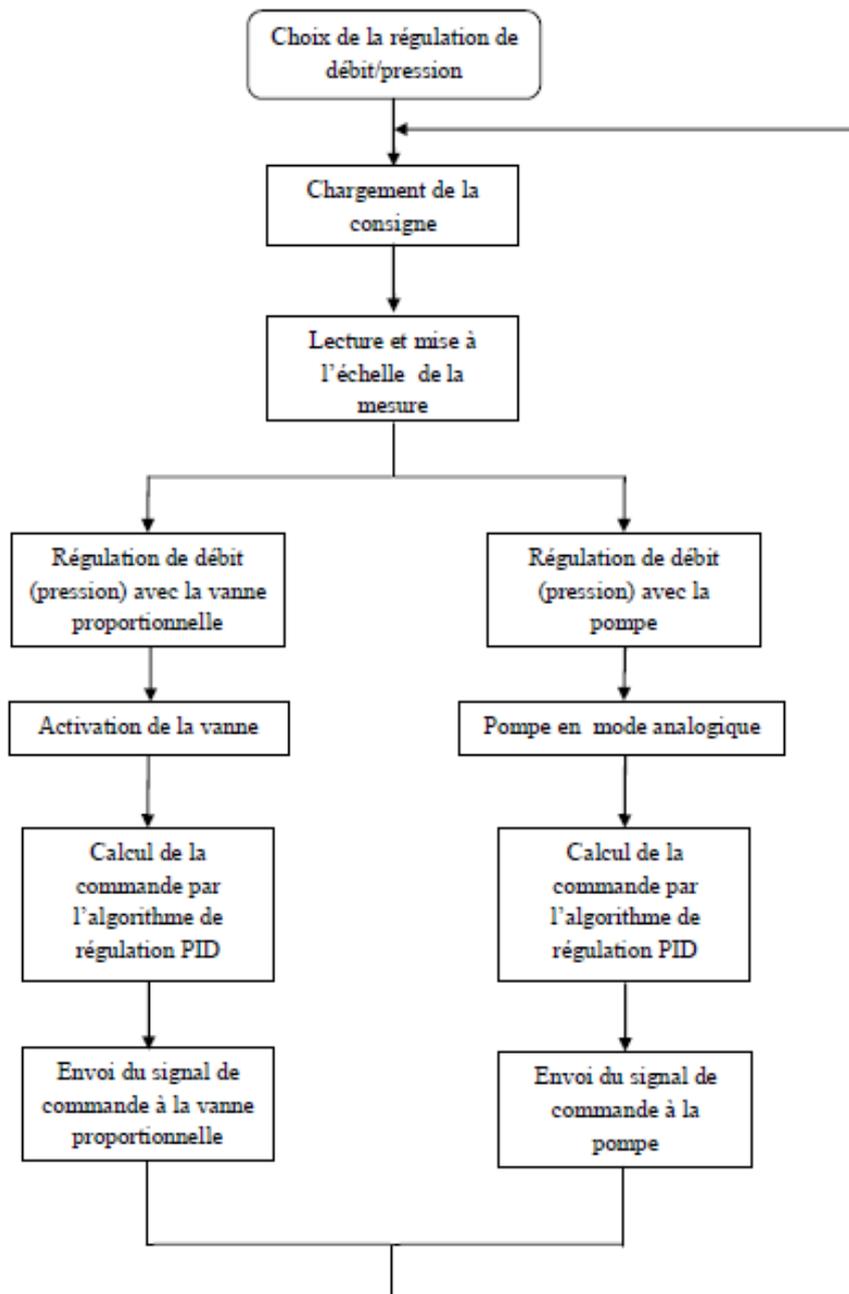


FIGURE 2.7 – Organigramme de la régulation de débit/pression

Si le choix s'est à présent arrêté à la régulation de température, l'organigramme de calcul de la commande est représenté sur comme suit :

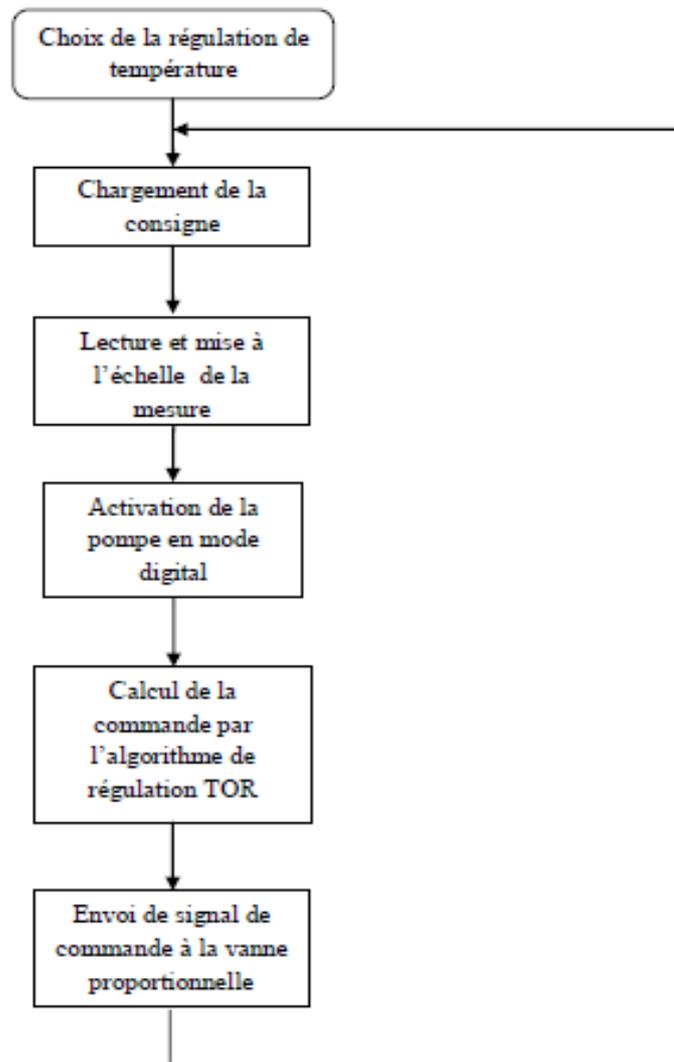


FIGURE 2.8 – Organigramme de la régulation de température

## 2.6 Structure de la Tâche d'automatisation

Dans ce qui suit, un aperçu des différentes étapes de la réalisation du projet et des objets que nous avons créés dans le cadre du projet "Festo Station" au sein du portail TIA.

### 2.6.1 Structure du projet "Station FESTO"

Le projet en gros comprend les étapes de configuration suivantes :

1. Création du projet "Station FESTO" :
  - Démarrer le portail TIA.
  - Créer un nouveau projet.
2. Insertion et configuration des matériels :

- Insérer la CPU.
  - Affichage de la CPU dans la vue des appareils.
  - Configurer l’interface de la CPU.
  - Insérer l’alimentation électrique et les modules des signaux.
3. Adressages :
- Programmer API.
  - Créer des tables des variables API.
  - Créer un bloc global de données.
  - Créer les différents blocs fonctionnels.
  - Appeler les blocs de programme dans le bloc principal [OB1].
4. Visualisation du processus :
- Configurer le HMI Advanced Runtime.
  - Créer la vue racine ”choix de régulation ”.
  - Créer les vues ”boucles de régulation et courbes”.
5. Configuration des alarmes
- Alarmes.
  - Signalisation d’erreurs système.
6. Tester en ligne l’exemple de projet :
- Test du programme.
  - Tester la visualisation du processus.

## **2.7 Tester la visualisation du processus**

### **2.7.1 Démarrer WinCC Advanced Runtime**

La fonctionnalité de la visualisation peut être testée avec le logiciel de simulation ”WinCC Runtime Advanced”. Nous allons maintenant démarrer la simulation du HMI. Cette simulation nous permet de tester le bon fonctionnement de la visualisation avant de démarrer le processus.

### **2.7.2 Marche à suivre**

Cliquez un clic droit avec la souris sur le HMI RT dans la navigation du projet et démarrez la simulation du Runtime dans le menu contextuel.

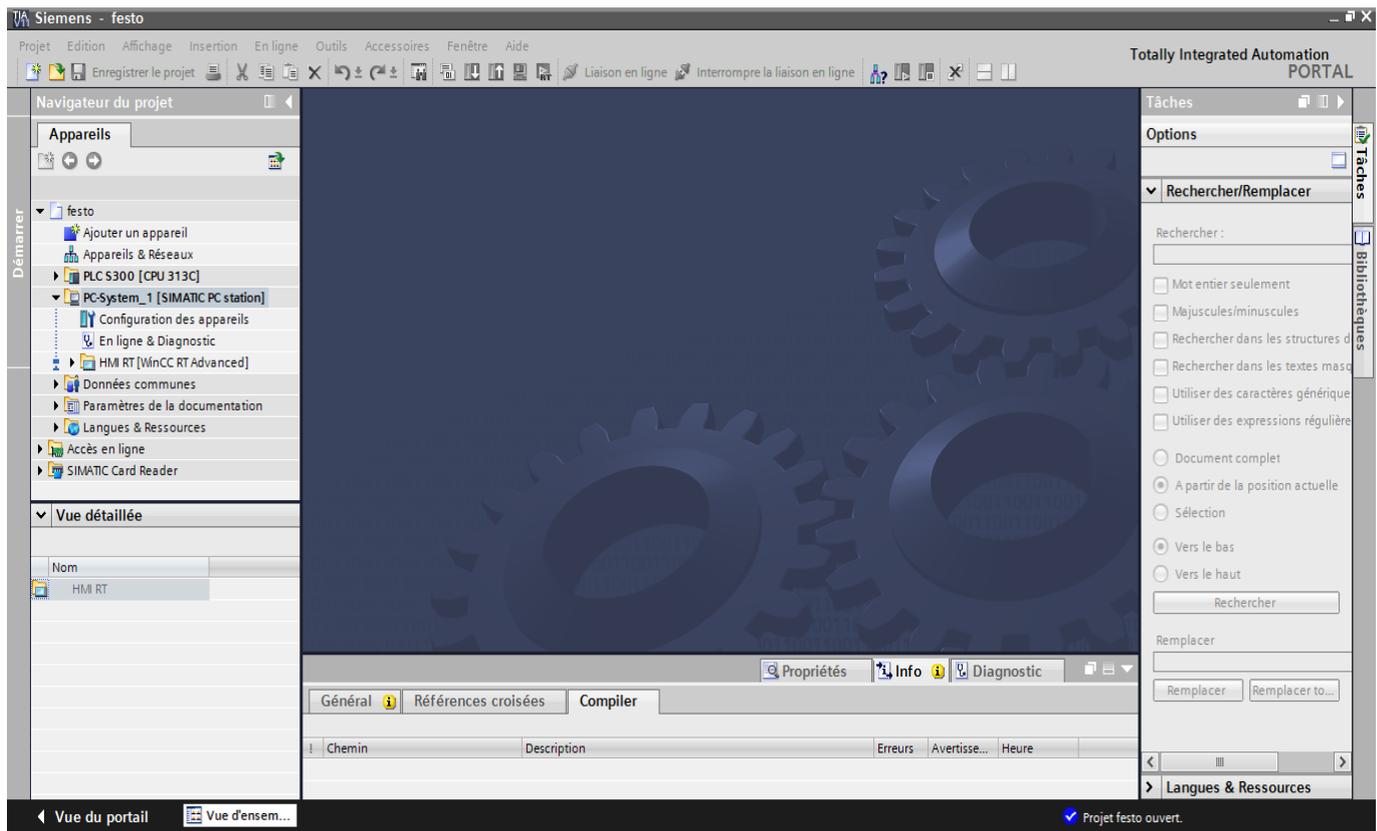


FIGURE 2.9 – Simulation du HMI RT

Les éléments configurés du HMI RT sont automatiquement compilés avant le démarrage du Runtime. L'état de compilation s'affiche dans la fenêtre d'inspection de l'onglet "Info".

A chaque fois qu'on ouvre une vue de boucle de régulation, il ya deux parties principales :

- **vue de l'ensemble** : Qui nous permet de voir l'interface synoptique de la régulation choisie, il nous montre aussi tout les composants qu'on doit utilisées dans la boucle choisie (les vannes).
- **vue de PID** : Les courbes de la valeur souhaitée qu'on a introduit (consigne), la valeur réelle (mesure) et la grandeur d'ajustement (commande) sont visualisées en temps réel grâce à l'interface graphique montrée dans cette dernière.

Le logiciel "WinCC Runtime Advanced" est démarré. La première vue qui s'affiche est la vue principale :

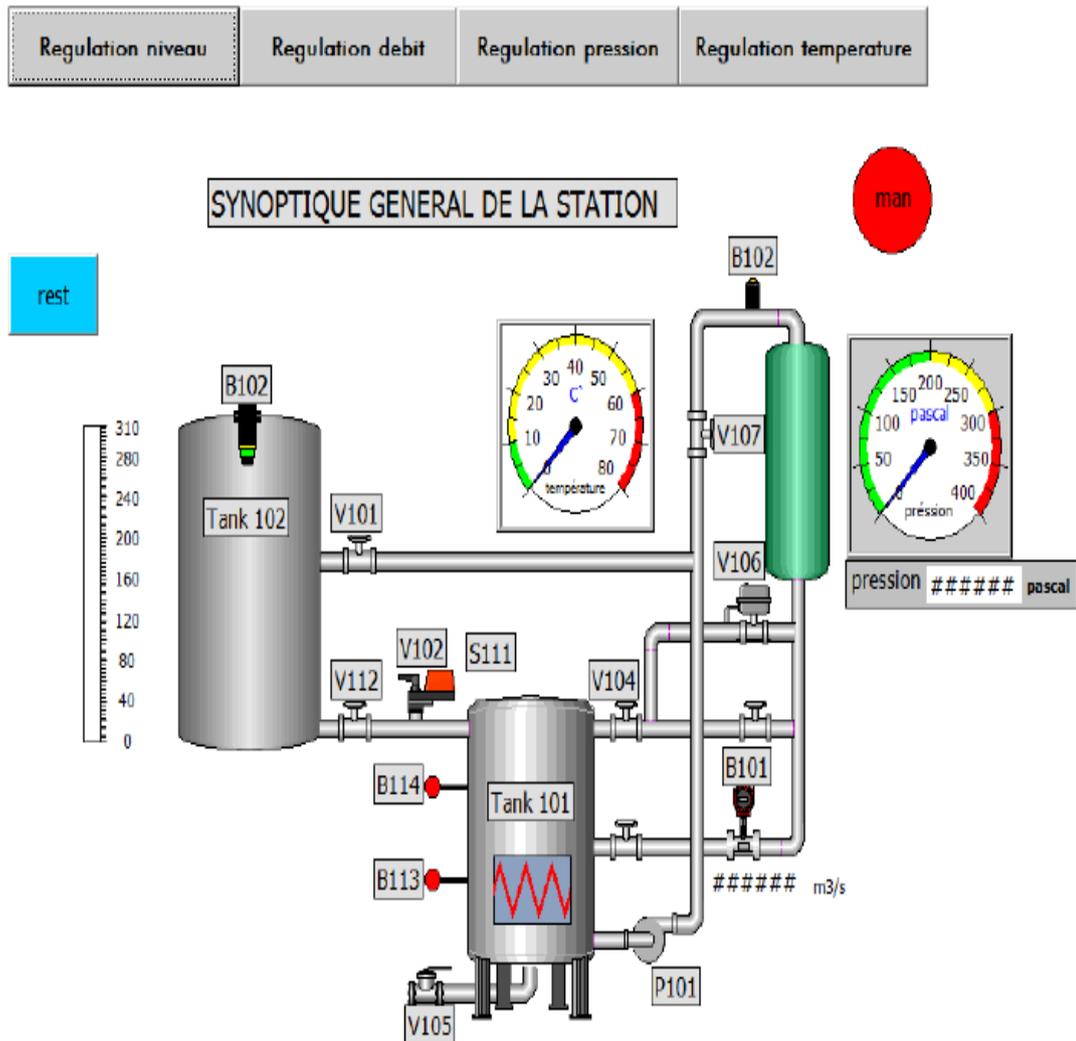


FIGURE 2.10 – VUE PRINCIPALE

## **Chapitre 3**

# **Présentation de la station FESTO**

## **3.1 Introduction**

Fort de l'expérience d'une entreprise de plus de 40 ans d'existence, Festo Didactique conçoit des solutions visant à accroître le succès de la formation dispensée dans tous les domaines de l'automatisation et de la technique. Les besoins de formation vont continuer d'augmenter à vive allure. C'est pourquoi nous nous sommes fixé pour objectif de rendre l'apprentissage encore plus efficace.

Donc cette entreprise a disposé entre nos mains une station qu'on va étudier. La station PCS a été mise au point par FESTO dans le but de réaliser plusieurs Applications.

Tout au long de ce chapitre, nous allons tenter d'étudier cette station tout d'abord d'un point de vue instrumentation, à savoir les différents capteurs ainsi que les actionneurs utilisés et les différentes boucles de régulation (sous-systèmes) que nous tenterons d'identifier par la suite (Chapitre 4).

## **3.2 Présentation du système didactique du contrôle de processus FESTO**

Le système d'apprentissage didactique pour l'automatisation FESTO est conçu pour répondre à un certain nombre d'exigences de formation professionnelle. En effet le matériel utilisé pour la fabrication de cette station de travail didactique est identique à celui disponible dans l'industrie.



FIGURE 3.1 – Maquette didactique FESTO.

Le système d'apprentissage didactique pour l'automatisation FESTO est divisé en trois parties principales distinctes :

- L'élément de contrôle (Automate programmable industriel SIEMENS S7-313C).
- Le terminal analogique d'entrées/sorties.
- Le terminal de conversion des signaux analogique.
- L'installation contenant les différents systèmes de contrôles.

L'automate programmable S7-313C ayant été décrit dans la chapitre I, nous allons dans ce qui va suivre faire une description des éléments constituant les deux autres parties.

Le terminal analogique d'entrées/sorties permet de relier les capteurs et actionneur à l'API à travers un câblage.

Avant d'être reliés au terminal analogique d'E/S, les différents capteurs et actionneur passe d'abord par le terminal de conversion des signaux analogiques. Ce dernier est constitué de plusieurs types de convertisseurs analogiques, qui permettent, d'un coté, de convertir les signaux envoyés par les différents capteurs analogiques constituant l'installation en signaux standard 0-10V et d'un autre coté de transformer les signaux analogiques envoyés par l'API

vers les éléments de contrôles en signaux standard 0-24V ou 0-10V.

L'installation, quand à elle, combine quatre systèmes en boucle fermée avec différents capteurs, actionneurs numériques et analogiques :

- Système de contrôle de niveau.
- Système de contrôle de débit.
- Système de contrôle de pression.
- Système de contrôle de température.

La tendance a l'intégration de plusieurs composante de régulation de notre station se reflète notamment dans le nouveau FED-CET. Le panneau de commande de Festo comporte déjà un API pour la programmation, pour les utilisés séparément en cascade.[1]

### Les caractéristiques techniques de la station FESTO

Les caractéristiques techniques de l'installation sont résumées dans le tableau suivant :

Paramètres	Valeurs
Alimentation	24 VDC
Support	7000*700*32mm
Volume des réservoirs	12l max
Pression opérationnelle maximale	50 kPa (0,5 bar)
canalisations flexibles	DN15(jusqu'à 15mm)
Entrées binaires	7
Sorties binaires	5
Entrées analogiques	4
Sorties analogiques	2
Nombre de réservoirs	3

#### Éléments de contrôle

Pompe (0<<.24 VDC)	Tension 0<<10V
Vanne proportionnelle 2/2 voies	Tension 0<<10V
Éléments chauffant (230 VAC, 100Watt)	ON/OFF (relai de contrôle 24VDC)

Systèmes en boucle fermée	
Système de contrôle de niveau	
Plages des valeurs du système de contrôle de niveau	3«350mm
Plages des valeurs du capteur de niveau	0«7l/min
Plages des valeurs du capteur de débit fréquence	0«1200Hz
Système de contrôle de pression	
Plages des valeurs du système de contrôle de pression	0«30kPa (0«300mbar)
Plages des valeurs du capteur de pression	0«10kPa (0«100mbar)
Type de signal transmis par le capteur de pression Tension	0«10V
Système de contrôle de température	
Plages des valeurs du capteur de température	-50 C <sup>0</sup> ...+ 150 C <sup>0</sup>
Type de signal transmis par le capteur de température	Résistance PT 100
Plages des valeurs du système de contrôle de température	0«60 C <sup>0</sup>

TABLE 3.1 – Caractéristiques techniques de l'installation[1]

### 3.2.1 Le diagramme synoptique de l'installation

Le système didactique Festo se constitué du principaux composants suivants :

- Capteur de pression piezorésistif (PIC 103).
- Jauge de pression 0...1bar.
- Capteur de débit fréquentiel (FIC101.1).
- Capteur de niveau ultrasonique (LIC102.1).
- Deux détecteurs de proximité capacitifs dans le réservoir du bas B101 (LS-101.2, LS+101.3).
- Capteur de température de type PT100 (TIC104).
- Un flotteur électromécanique de seuil dans le réservoir du haut (LS-102.2).
- Un flotteur anti-débordement dans le réservoir du bas (LA+101.4).
- Pompe centrifuge (P101).
- Moteur de contrôle pour la pompe (M1).
- Système de chauffage avec un relai de contrôle intégré (E104).
- Processus de vanne à bille avec un entrainement rotatif pneumatique type (SYPAR) (V 102).

- Vanne proportionnelle avec un module de contrôle électronique (V 106).
- Un terminal E/S.
- Un terminal pour les signaux analogiques.
- Convertisseurs de signaux : courant/tension, fréquence/tension, PT100/tension.
- Automate programmable industriel.
- Panneau de contrôle.
- Canalisations.
- Réservoir de pression (B 103).
- Vannes manuelles.
- Robinet de vidange (V 105).
- Unité de service pneumatique.
- Support de montage.

Le diagramme synoptique de l'installation est le suivant :

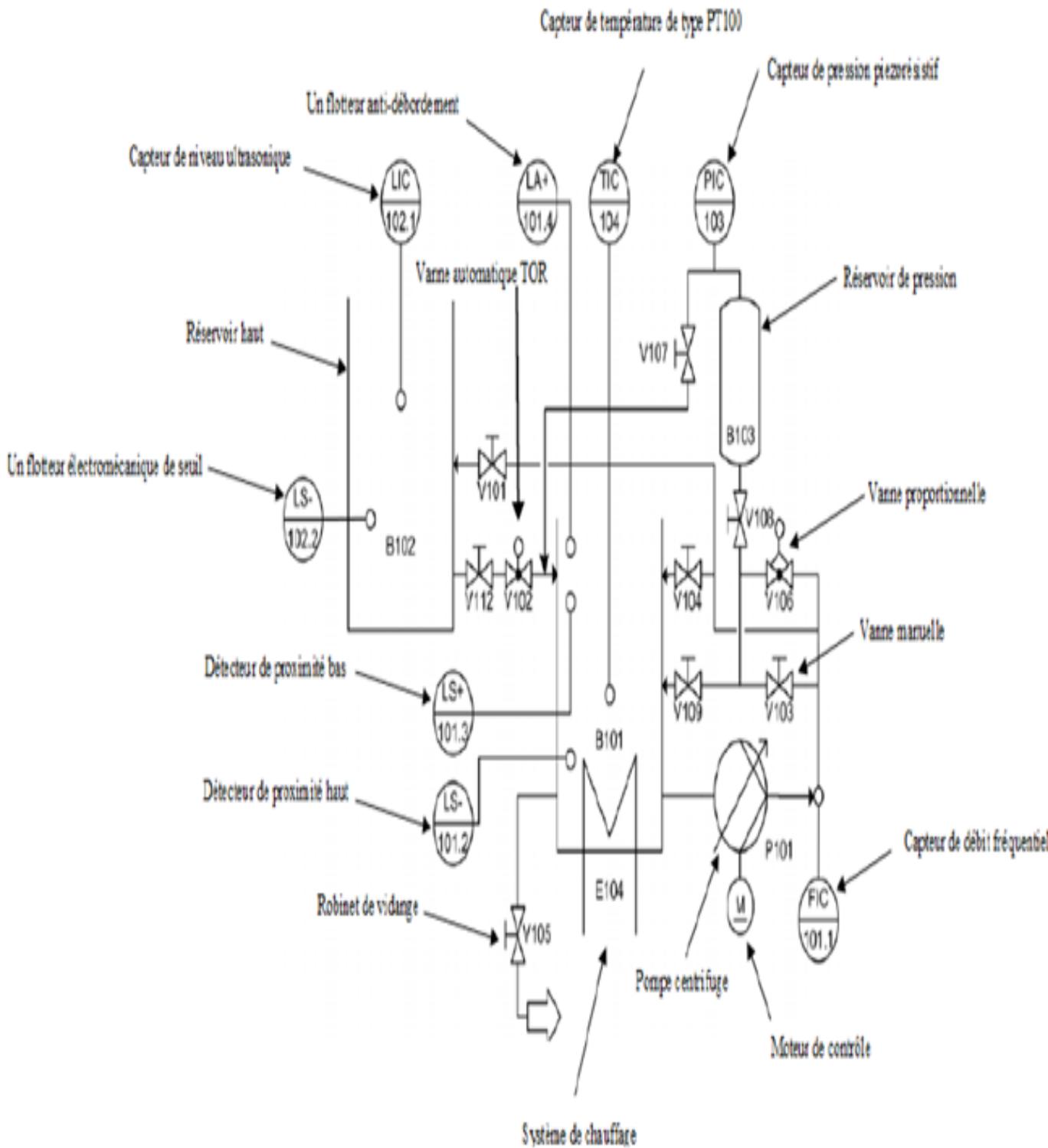


FIGURE 3.2 – Diagramme synoptique de l'installation didactique FESTO.

Chaque fonction de système en boucle fermée résulte d'une combinaison spécifique de toutes les vannes manuelles ainsi que de la programmation, configuration de l'automate/système contrôlé.

Donc il est possible d'effectuer plusieurs types de régulation sur l'installation, et cela individuellement ou bien en cascade. Avant de procéder à une étude plus détaillée de chaque boucle de régulation, nous allons résumer sous forme de tableau les différents éléments entrant en jeu dans chaque boucle :

Composants	Système de contrôle de niveau	Système de contrôle de débit avec la pompe P101 comme actionneur	Système de contrôle de débit avec la vanne V106 comme actionneur	Système de contrôle de pression avec la pompe P101 comme actionneur	Système de contrôle de pression avec la vanne V106 comme actionneur	Système de contrôle de température
Point de mesure	LIC102 B101	FIC101 B102	FIC101 B102	PIC103 B103		LIC104 B104
Pompe P101	Élément de contrôle	Élément de contrôle	Mode binaire On	Élément de contrôle	Élément de contrôle	Mode binaire On
Vanne le V106	OFF	OFF	Élément de	OFF	Élément de	OFF
Élément chauffant	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	Élément de contrôle
Vanne manuelle V101	Ouverte	fermée	fermée	fermée	fermée	fermée
Vanne automatique TOR V101	Ouverte/ Fermée	fermée	fermée	fermée	fermée	fermée

Vanne V103	Fermée	Fermée	Fermée	Ouverte	Fermée	Ouverte
Vanne V104	Fermée	Ouverte	Fermée	Fermée	Fermée	Fermée
Vanne V105	Fermée	Fermée	Fermée	Fermée	Fermée	Fermée
Vanne V107	Fermée	Fermée	Fermée	Fermée	Fermée	Fermée
Vanne V109	Fermée	Fermée	Ouverte	Ouverte/ Fermée	Ouverte/ Fermée	Ouverte
Vanne V112	Ouverte	Fermée	Fermée	Fermée	Fermée	Fermée

TABLE 3.2 – Tableau des configurations relatives aux différentes boucles de régulation

### 3.3 Les différentes connexions de la station

Nous allons voir les différentes connexions entre l'automate programmable SIMENS S7-300 CPU 313C, et les différents capteurs et actionneurs présents dans l'installation, il y a quatre types de connexions :

- **Connexion API/Station :** Le Plug digital XMA1 (1/A) de l'API est connecté avec la prise XMA2 du terminal E/S de la station (2) à l'aide du câble SysLink (3). Le Plug analogique (1/C) de l'API avec X2 du terminal de conversion de signaux analogiques (6) de la station, à l'aide du câble analogique (7).
- **Connexion API/Panneau de contrôle :** le Plug XMG (1/B) de l'API est connecté avec le Plug X1 (4) du panneau de contrôle à l'aide du câble SysLink (5).
- **Connexion API/Unité d'alimentation :** Le Plug d'alimentation de l'API est connecté à l'unité d'alimentation avec un câble de sécurité bleu et rouge (4mm).
- **Connexion API/PC :** le PC est connecté à l'API avec un câble de programmation MPI.[2]

Et pour cela on a introduit un schéma pour montrer de manière plus précise toutes ces connexions :

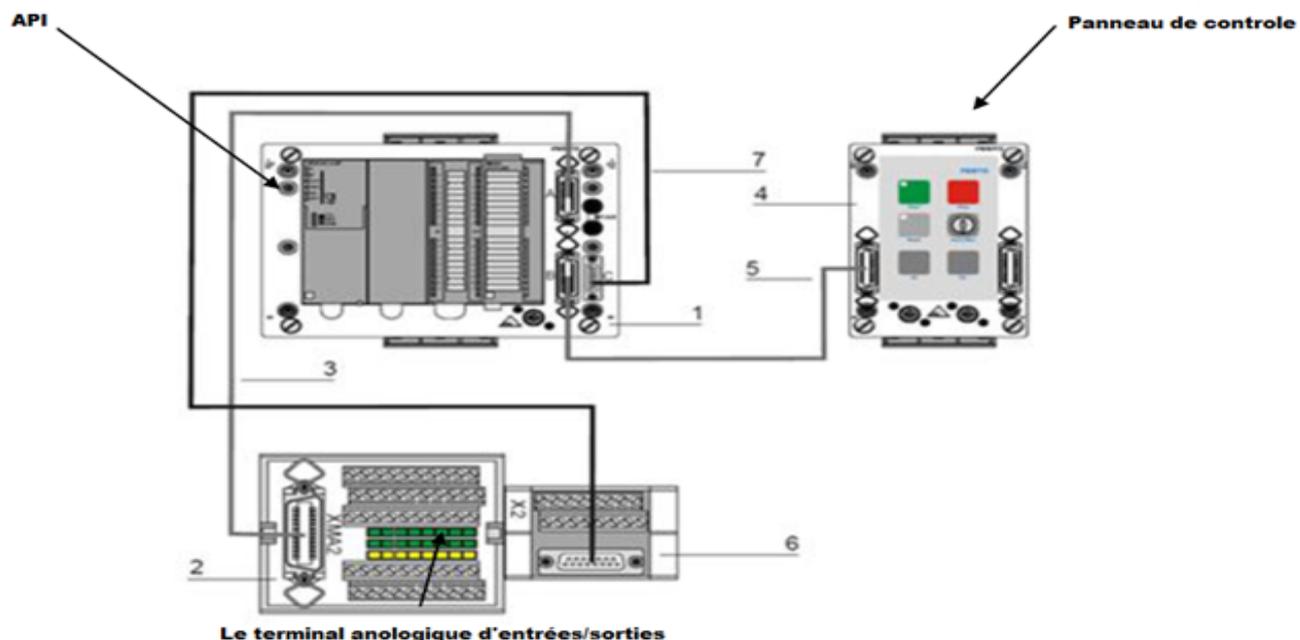


FIGURE 3.3 – Schéma de connexion API/Panneau de contrôle/Terminal analogique.

### 3.4 Principe de fonctionnement des différents systèmes constituant l'installation Festo

#### 3.4.1 Le Processus de la vanne à bille

Le montage V102, qui a pour rôle de contrôler l'écoulement du fluide du réservoir haut (B102) vers celui du bas (B101), représente une vanne à bille tout ou rien actionnée par un processus d'entraînement pneumatique.

Cet équipement de contrôle consiste en une vanne en cuivre (1) ouverte/fermée par un actionneur quart de tour à double effet de type SY PAR(4), contrôlé par une électrovanne 5/2 voies de type NAMUR (2,3).

L'indicateur de position (5) consiste en deux micro-interrupteurs électriques avec levier à roulement, ces deux derniers délivrent des signaux 24VDC (S113, S114) vers le terminal E/S XMA1.[2]



FIGURE 3.4 – Processus de la vanne à bille.

### 3.4.2 La pompe :

**Principe de fonctionnement :** Une pompe centrifuge est constituée par :

- une roue à aubes tournant autour de son axe.
- un distributeur dans l'axe de la roue.
- un collecteur de section croissante, en forme de spirale appelée volute.

Le liquide arrive dans l'axe de l'appareil par le distributeur et la force centrifuge le projette vers l'extérieur de la turbine. Il acquiert une grande énergie cinétique qui se transforme en énergie de pression dans le collecteur où la section est croissante.[3]

**Utilisation :** Ces types de pompes sont les plus utilisées dans le domaine industriel à cause de la large gamme d'utilisation qu'elles peuvent couvrir, de leur simplicité et de leur faible coût. Dans notre installation la pompe c'est l'élément de contrôle commun pour tout les boucles de régulation, donc c'est un élément important qu'on ne doit pas fonctionner à sec, avant de démarrage il faut vérifier que tout les canalisations sont remplies d'eau.



FIGURE 3.5 – Pompe centrifuge.

La pompe est entraînée par un moteur de contrôle A4. Un relais K1 connecté comme sortie (relatif à l'API) binaire (O2 dans le XMA1) permet de choisir le mode de fonctionnement de la pompe. Si la sortie O2 est mise à 1, une sortie binaire additionnelle (O3 dans XMA1) permettra le démarrage et l'arrêt de la pompe, dans ce mode de fonctionnement la pompe fonctionnera à vitesse maximale. Si maintenant la sortie O2 est mise à 0, la sortie analogique CHANNEL 0 (UA1 de X2) permettra de régler la vitesse de la pompe sous forme de tension 0/10V.[2]

### 3.4.3 Détecteurs de proximité capacitifs

La détection capacitive est une technologie sans contact adaptée à la détection des métaux, des objets non métalliques, des solides et des liquides. Toutefois, elle convient mieux aux cibles non métalliques du fait de ses caractéristiques et de son coût comparée en comparaison aux détecteurs de proximité inductifs, pour cela dans notre station cas qu'on veut détecter le niveau d'eau.

Le détecteur comporte quatre composants de base :

- Sonde ou plaque capacitive.
- Oscillateur.
- Détecteur de niveau de signal.
- Commutateur de sortie à circuits intégrés.

- Potentiomètre de réglage.[4]



FIGURE 3.6 – Détecteurs de proximité capacitifs

Les détecteurs de proximité B113 (1), B114 (2) sont fixés sur une plaque derrière la paroi externe du réservoir (B101), leur position est mécaniquement ajustable. Ils délivrent des signaux 24V et sont reliés au terminal E/S XMA1.

#### 3.4.4 La vanne proportionnelle :

Les vannes proportionnelles sont essentielles si on a besoin de flexibilité pour Contrôler la pression de sortie ou le débit dans notre installation. La vanne proportionnelle V106 (1) est directement actionnée par une électrovalve 2/2 voies ; elle est utilisée comme élément de réglage dans les systèmes de contrôle de débit. Le principe est que le piston de la vanne est soulevé de son siège par l'intermédiaire d'un électroaimant, et libère ainsi l'écoulement à travers la vanne à un débit proportionnel à la surface ouverte.

La vanne proportionnelle est activée par une sortie binaire (O4 dans le XMA1) .Un signal analogique du canal (UA2 de X2) actionne le signal d'entrée de la vanne proportionnelle avec un signal analogique standard de 0à10V. Ce dernier est transformé en pulsations modulées en largeur. L'ouverture de la vanne peut ainsi être ajustée à n'importe quelle position de sa plage de fonctionnement.

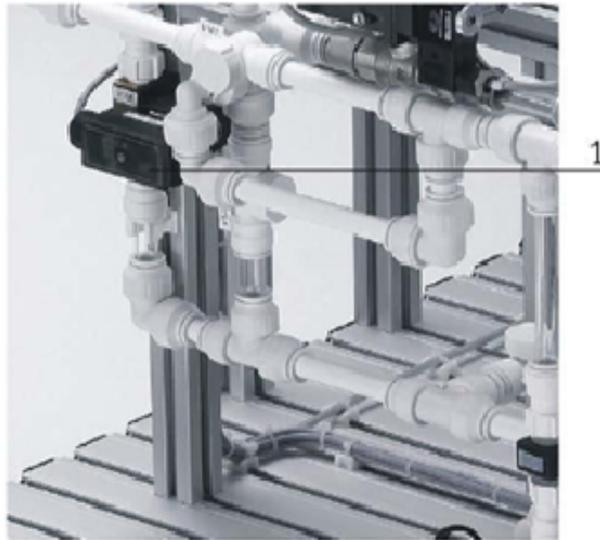


FIGURE 3.7 – Vanne proportionnelle

### 3.4.5 Le capteur de niveau ultrasonique

Le niveau du fluide dans le réservoir B102 (1) est contrôlé à l'aide d'un capteur ultrasonique (2). Le signal analogique délivré par le capteur ultrasonique sous forme de courant, passe par un convertisseur courant/tension avant d'être transmis au CHANNEL 0 du terminal E/S X2 (UE1).



FIGURE 3.8 – Capteur de niveau ultrasonique

### 3.4.6 Le capteur de débit

Le débit de l'écoulement dans l'installation à travers le système de canalisations est déterminé par un capteur optoélectronique B102 (2). Le débitmètre génère un signal à impulsion dont la fréquence est proportionnelle au débit. Le signal carré transmis par le capteur sous forme d'une onde modulée en fréquence peut, soit être connecté directement avec une entrée binaire dans le terminal E/S XMA1, soit connecté au terminal analogique X2 (UE2) après avoir été traité par un convertisseur fréquence/tension.



FIGURE 3.9 – capteur de débit.

### 3.4.7 Le capteur de pression

La pression du fluide circulant dans le système de canalisation qui alimente le réservoir pré-rempli de gaz (air) pressurisé B103 (1), peut être mesurée à l'aide d'un capteur de pression relative piezorésistif. Le signal transmis par ce dernier est directement connecté au terminal analogique X2 (UE3).

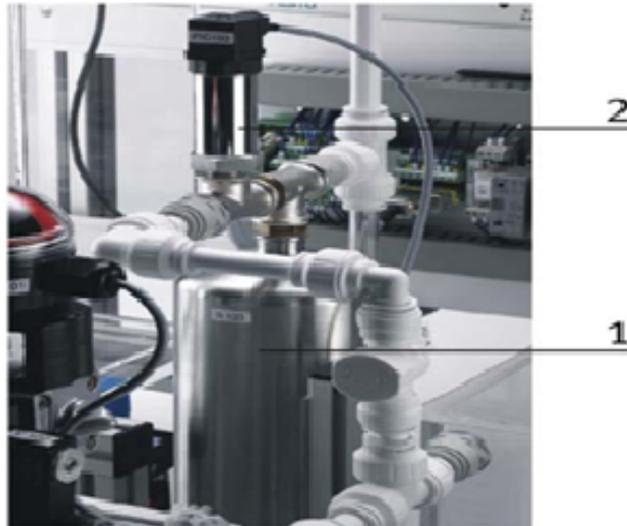


FIGURE 3.10 – Capteur de pression.

### 3.4.8 Le capteur de température :

Pour cela on utilise la sonde Pt 100 qui est utilisé dans le domaine industriel (agroalimentaire, chimie, raffinerie...). Ce capteur est constitué d'une résistance en Platine. La valeur initiale du Pt100 est de 100 ohms correspondant à une température de 0 °C.



FIGURE 3.11 – Capteur de température

La résistance du capteur de température est connectée à un convertisseur PT100/tension avant d'être connectée au terminal analogique X2 (UE4). Quant à l'échangeur de chaleur, il est contrôlé par une sortie binaire (O1 dans le XMA1).

### 3.5 liste des cases mémoires :

voilà La liste des cases mémoires allouées à toutes les entrées/sorties de l'instrumentation est résumée dans les trois tableaux suivants :

<b>Entrées binaires (station)</b>	<b>Identifiant</b>	<b>Adresse</b>
Capteur de débit (fréquence $0 < 1000\text{Hz}$ )	B111	E00
Flotteurs de sécurité anti-débordement (NF) LS+101 (réservoir B 101)	S111	E 0.1
Flotteurs de surveillance des seuils de remplissage LS-102 (réservoir B 102)	S112	E02
Détecteur de proximité bas LO-101 (réservoir B101)	B113	E03
Détecteur de proximité haut LO+101 (réservoir B101)	B114	E04
Micro-interrupteur pour la vanne V102 (ouverte)	S115	E05
Micro-interrupteur pour la vanne V102 (fermée)	S116	E06

#### **Entrées binaires (panneau de contrôle)**

Bouton de démarrage (NO)	S1	E10
bouton de d'arrêt (No)	S2	E11
Commutateur mode automatique/mode manuel	S3	E12
Bouton de réinitialisation (NF)	S4	E13

TABLE 3.3 – Tableau d'adressage des entrées binaires [2]

Pour les sorties digitales on a :

<b>Sorties binaires (station)</b>	<b>Identifiant</b>	<b>Adresse</b>
Ouverture du processus de vanne a bille V102	Y102	A00
Allumage de l'élément chauffant (réservoir)	E104	A01
Choix du mode de fonctionnement de la pompe =0 : mode binaire/=1 : mode analogique	PompePreset	A02
Pompe P101 on/off	PompeOn	A03
Activation de la vanne proportionnelle V106	V106-On	104

**Sorties binaires (panneau de contrôle)**

Indicateur de démarrage	H1	A10
Indicateur de réinitialisation	H2	A11
Indicateur Q1 (opération en boucle ouverte)	H3	A12
Indicateur Q2 (opération en boucle fermée)	H4	A13

TABLE 3.4 – Tableau d'adressage des sorties binaires [2]

Et pour finir pour les entrées/sorties analogiques, on a la disposition suivante :

<b>Entrées analogiques (station)</b>	<b>Identifiant</b>	<b>Adresse</b>
Canal d'entrée analogique 0 pour le capteur de niveau (UE1 0«10V)	AE-Niveau	PEW 256
Canal d'entrée analogique 1 pour le capteur de débit (UE2 0«10V)	AE-Débit	PEW 260
Canal d'entrée analogique 2 pour le capteur de pression (UE3 0«10V)	AE-Pression	PEW 264
Canal d'entrée analogique 3 pour le capteur de température (UE3 0«10V)	A E-Température	PEW 268

**Sorties analogiques (station)**

Canal de sortie analogique pour la pompe P101	AA-Pompe	PAW 256
Canal de sortie analogique pour la vanne proportionnelle V106	AA-Vanne	PAW 260

TABLE 3.5 – Tableau d'adressage des entrées/sorties analogiques [2]

# Conclusion générale

Munis d'un logiciel compact très performant TIA PORTAL, les automates programmables industriels Siemens forment des unités de traitement et de commande de grande flexibilité.

En effet, le logiciel de programmation STEP7 permet l'accès de base aux automates programmables de la gamme SIMATIC, pour sa programmation en différents langages.

Il assure également la fonction de moyen de communication en prenant en compte leurs réseaux. Le logiciel de conception des interfaces homme-machine WinCC est quant à lui, un logiciel d'ingénierie et de supervision, qui offre des fonctions de surveillance d'automatismes.

Notre projet nous a permis d'étudier la station didactique de contrôle des processus, FESTO, et de voir les différentes possibilités offertes par les automates programmables : simulation des systèmes continus, calcul numérique, identification des processus, commande et régulation des systèmes continus.

Notre contribution s'est portée sur l'identification, la régulation et la réalisation d'un programme de gestion par la suite, de tous les systèmes de contrôle disponibles sur la station FESTO pour servir de base de départ à d'éventuels travaux pratiques et projets de fin d'études.

Néanmoins notre étude nous a permis de proposer deux améliorations qu'il serait intéressant de développer :

- L'ajout d'un clapet anti-retour à la sortie de la pompe pour éliminer la chute de niveau dans le réservoir
- L'ajout d'un convertisseur, qui permettra de commander la résistance chauffante de

manière analogique.

- La préconisation d'utiliser une vanne analogique (contrôlable) à la place de la vanne manuelle V109.

# Références bibliographiques

- [1] Publication par l'entreprise Festo :<http://www.festo-didactic.com>
  
- [2] CHERGUI Younes«Commande et supervision de la station FESTO PCS COMPACT avec le TIA PORTAL» ENP,Alger 2012.
  
- [3] <http://fr.wikipedia.org>.
  
- [4] Rockwell Automation/Allen-Bradley :Principes de base de la détection.
  
- [5] SAHAR Belkacem Amine et SOUCHANE Amine«Commande et supervision de la station FESTO PCS COMPACT à l'aide de STEP7 et WinCC» ENP, Alger 2009
  
- [6] Séminaire sur les automates programmables industriels,IAP-ARZEW, Du 19 au 21/02/2013
  
- [7] ABRICHE Anissia et BELKAS salah-eddine«Réalisation et gestion d'un prototype de station de pompage à base d'API SIEMENS» ENP,Alger 2007
  
- [8] SIEMENS, «PLC S7-300, CPU spécifications», SIMATIC, 2001
  
- [9] SIEMENS, «Logiciel de base pour S7 300/400 Régulation PID », SIMATIC, 2001
  
- [10] SIEMENS, «STEP 7 Professional /WinCC Advanced V11pour l'exemple de projet "Station de remplissage" Mise en route», SIMATIC HMI, 2000