

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة سعد دحلب البليدة  
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا  
Faculté de Technologie

قسم الإلكترونيك  
Département d'Électronique



## Mémoire de Master

Spécialité : Automatique & Système

Filière: Automatique

Présenté par :

LOUATI Abdelghai et AMAR Fouzi

# Automatisation d'une station d'épuration des eaux usées de HADJOUT

Proposé par : Mr. MADDI Abdelkader

Mr MOUSSAOUI Abdellah

Année Universitaire 2019 / 2020

## Remerciements

---

*C'est avec humilité et gratitude que nous reconnaissons ce que nous devons. Nous commencerons par remercier et rendre grâce à « ALLAH » tout puissant pour nous avoir donné le courage et la volonté de mener à bon terme ce travail. Nos sincères remerciements à notre encadreur Mr MADDI, et l'ingénieur de la SEAA Mr MOUSSAOUI Abdellah pour son aide inestimable et ses précieux conseils sans lui on sera perdu. Nos remerciements vont en particulier à Mr MADDI, notre enseignant, qui nous a dirigés afin de bien mener à terme ce travail. Que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, trouvent ici notre sincère reconnaissance aux membres de jury qui nous feront l'honneur de juger ce travail et à tous les enseignants de département Electronique.*

---

## ملخص

يعالج STEP حجوط جميع مياه الصرف الصحي في المنطقة.  
يتكون مشروع نهاية الدراسة الخاص بنا من أتمتة خزانات محطة معالجة مياه الصرف الصحي بواسطة  
S7-1200 PLC الذي يبرمج بوابة TIA باستخدام برنامج SIEMENS.  
الكلمات الأساسية: بيلسي، س7-1200، تيا بورتال، مياه الصرف

---

**Résumé :** La STEP de HADJOUT traite tous les eaux usée de la région.

Notre projet de fin d'étude consiste à automatiser les armoires de la station d'épuration des eaux usées par un API S7-1200 qui est programmé par le logiciel de Siemens le TIA Portal.

**Mots clés :** Eaux usées, Automate programmable, S7-1200, TIA portal.

---

### **Abstract :**

HADJOUT's STEP treats all wastewater in the region.

Our final study project is to automate the sewage treatment plant cabinets with an S7-1200 API that programs the TIA Portal by Siemens software.

**Key words:** PLC , S7-1200, TIA portal, waste water.

---

## Table des matières

<b>Introduction générale</b> .....	1
------------------------------------	---

### *Chapitre I : Présentation de l'entreprise*

<b>I.1.Introduction</b> :.....	2
<b>I.2. Présentation du SEAAL</b> :.....	2
<b>I.3. PRÉSENTATION D'UN SYSTÈME D'ÉPURATION</b> .....	4
I.3.1 – STATION DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES DE KOLÉA :.....	7
I.3.2 – STATION DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES DE CHENOUA :.....	7
I.3.3 – STATION DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES DE HADJOUT :.....	7
<b>I.4. Synoptique de la station</b> :.....	9
<b>I.5. Fonctionnement de la station</b> :.....	10
<b>I.6. Description des ouvrages</b> :.....	10
I.6.1.La partie prétraitement :.....	11
I.6.1.a. Le prédégrilleur.....	11
I.6.1.b.Le poste de relevage :.....	11
I.6.1.c. Le dégrilleur.....	12
I.6.1.d. Le Dessableur/Déshuileur : .....	13
I.6.2 la partie biologique : .....	14
I.6.3.La partie de compostage .....	15
I.6.3.a. Les décanteurs :.....	15
I.6.3.b.salle de déshydratation :.....	16
<b>I.7. Schema de la partie prétraitement</b> :.....	17
<b>I.8. Conclusion</b> :.....	17

### *Chapitre II : Matériels électriques de la station*

<b>II.1 Introduction</b> :.....	18
<b>II.2 Structure d'un système automatisé</b> :.....	18
<b>II.3. Equipements électriques de la partie prétraitement de la station</b> :.....	19
II.3.1.Pompes de relevage :.....	20
II.3.2.Le Moteur de dégrilleur :.....	20
II.3.2.1 Le moteur asynchrone triphasé : .....	21

II.3.3.Débitmètre électromagnétique :.....	24
II.3.3.1.Définition :.....	24
II.3.3.2.Principe de fonctionnement :.....	25
II.3.4.Capteur à ultrason :.....	25
II.3.4.1 Principe de fonctionnement :.....	26
II.3.5 Le Flotteur (capteur de niveau) :.....	26
<b>II.4.Equipement des armoires</b> :.....	26
II.4.1.Le disjoncteur .....	26
II.4.1.1.Disjoncteur moteur magnétothermique .....	27
II.4.2.Le contacteur .....	29
II.4.3.Les Relais de protection :.....	30
II.4.3.1Définition : .....	30
II.4.4.Le démarreur ATS 22 :.....	33
II.4.4.1.Définition : .....	34
II.4.4.2.Constitution :.....	34
II.4.4.3.Connexion réseau :.....	35
<b>II.5 Conclusion</b> : .....	36

## *Chapitre III : Matériels de Programmation*

<b>III.1. Introduction</b> .....	37
<b>III.2 Généralités sur les automates programmables</b> :.....	37
III.2.1 Historique :.....	37
III.2.2 Définition de l'automate programmable : .....	37
<b>III.3.Les avantages et les inconvénients</b> :.....	38
III.3.1. Avantages :.....	38
III.3.2. Inconvénients : .....	38
<b>III.4. L'architecture d'un automate programmable</b> : .....	38
<b>III.5 Traitement du programme automate</b> :.....	40
<b>III.6. Critères de choix d'un API</b> :.....	41
<b>III.7. Automate S7-1200</b> :.....	41
<b>III.8. TIA PORTAL (Totally Integrated Automation Portal)</b> .....	46
III.8.1 Introduction .....	46
III.8.2 Langages de programmation :.....	47
<b>III.9.Interface homme-machine (HMI)</b> :.....	50
<b>III.10. Conclusion</b> .....	51

## ***Chapitre IV : Programmation sur TIA Portal***

<b>IV.1. Introduction :</b> .....	52
<b>IV.2. Logiciel de programmation « TIA Portal V13 » :</b> .....	52
IV.2.1 .Présentation du logiciel :.....	52
IV.2.2 .La conception d'un programme avec TIA PORTAL V13 :.....	55
IV.2.3. Vue du portail .....	56
IV.2.4.Vue du projet : .....	57
IV.2.5.Création du projet dans <i>TIA PORTAL V13</i> :.....	58
<b>IV.3 Les variables API</b> .....	61
IV.3.1.Adresse symbolique et absolue.....	61
IV.3.2.Table des variables API .....	61
<b>IV.4. Langage de programmation</b> .....	62
IV.4.1 CONT et LOG – Langages de programmation graphiques .....	63
IV.4.2. Blocs de programme .....	64
IV.4.3.Memontos.....	65
IV.4.4 Mnémonique .....	66
IV.5 WINCC sur TIA PORTAL .....	66
<b>IV.6 Création du programme</b> .....	66
IV.6.1 Tableau de variable .....	66
IV.6.2 Programmation de l'automate :.....	68
<b>IV.7. Conclusion :</b> .....	79
<b>Conclusion générale</b> .....	80
<b>Bibliographies</b> .....	81

### **Liste des figures**

<b>FigureI.1</b> : schéma de la STEP.....	5
<b>FigureI.2</b> : la station de HADJOUT.....	8
<b>FigureI.3</b> : la station de HADJOUT.....	8
<b>FigureI.4</b> : Diagramme fonctionnel de la station .....	9
<b>FigureI.5</b> :le predigrilleur.....	11

<b>Figure I.6:</b> poste de relevage .....	12
<b>Figure I.7:</b> Dégrilleur .....	13
<b>Figure I.8:</b> Dessableur/Deshuileur .....	14
<b>Figure I.9 :</b> les bassins.....	15
<b>Figure I.10 :</b> décanteur .....	16
<b>Figure I.11 :</b> La salle de déshydratation.....	16
<b>Figure I.12:</b> Traitement physique (dégrillage- Dessablage – déshuilage).....	17
<b>Figure II.1</b> Structure d'un système automatisé.....	18
<b>Figure II.2.</b> Les pompes de relevage de la station.....	20
<b>Figure II.3</b> Moteur de dégrilleur de la station.....	21
<b>Figure II.4</b> Moteur asynchrone triphasé.....	21
<b>Figure II.5</b> schéma représentatif de fonctionnement du Moteur.....	23
<b>Figure II.6.</b> Schéma représentatif du couplage du moteur (étoile/triangle).....	24
<b>Figure II.7</b> Le débitmètre électromagnétique de la station .....	24
<b>Figure II.8</b> Lecapteur ultrason de la station .....	25
<b>Figure II.9.</b> Le flotteur de dégrilleur .....	26
<b>Figure II.10</b> Le disjoncteur principal de l'armoire.....	27
<b>Figure II.11.</b> le Disjoncteur moteur schneider .....	28
<b>Figure II.12</b> le contacteur.....	29
<b>Figure II.13</b> Le relais thermique .....	31
<b>Figure II.14</b> Le Relais temporisé.....	32
<b>Figure II.15</b> le Relais miniature .....	32
<b>Figure II.16</b> le démarreur ATS 22 .....	34
<b>Figure II.17.</b> Schéma représentatif la connexion réseau entre le moteur et le démarreur.....	35
<b>Figure II.18.</b> Schéma représentatif du câblage de Moteur.....	36
<b>Figure III.1.</b> Structure interne d'un API.....	40
<b>Figure III.2 :</b> Fonctionnement cyclique d'un automate. ....	40
<b>Figure III.3.</b> L'Automate S7-1200 dans notre Armoire.....	42
<b>Figure III.4 :</b> Vu de face de l'API SIEMENSE S7-1200.....	43
<b>Figure III.5 :</b> Dimensions de l'API SIEMENS S7-1200 .....	43
<b>Figure III.6 :</b> Module d'extension SM 1231 .....	45
<b>Figure III.7 :</b> Module d'extension SM 1221 .....	45
<b>Figure.III.8.</b> modules extensions.....	46
<b>Figure III.9.</b> vue générale de TIA Portal.....	47
<b>Figure III.10.</b> langage liste .....	48
<b>Figure.III.11</b> langage littéral .....	48

<b>Figure.III.12.</b> langage ladder.....	49
<b>Figure.III.13.</b> langage blocs fonctionnels .....	49
<b>Figure.III.14.</b> programmation GRAFCET .....	50
<b>FigureIV.1 :</b> Logo de TIA PORTAL.....	52
<b>FigureIV.2 :</b> Différentes vues de TIA PORTAL.....	54
<b>Figure IV.3 :</b> Organisation pour la création d'un projet sous TIA PORTAL .....	56
<b>Figure IV.4 :</b> :.Vue détaillée du portail.....	56
<b>Figure IV.5:</b> Vue détaillée du projet.....	57
<b>Figure IV.6 :</b> Mise en créer du projet .....	58
<b>FigureIV.7 :</b> configuration d'un API.....	60
<b>Figure IV.8:.</b> Adresse et commentaire.....	61
<b>Figure IV.9 :</b> Table des variables API.....	62
<b>Figure IV.10 :</b> Présentation d'un schéma logique(LOG). .....	63
<b>Figure IV.11:</b> Présentation d'un schéma à contacte(CONT).....	64
<b>Figure IV.12 :</b> Les différents blocs.....	65
<b>Figure IV.13 :</b> Vue de WINCC.....	67
<b>Figure IV.14 :</b> table de variable E/S(mnémonique).....	68
<b>Figure IV.15 :</b> Programmation de l'automate.....	69
<b>Figure IV.16 :</b> La vue projet de TIA PORTAL .....	70
<b>Figure IV.17 :</b> Menu de navigation du projet de TIA PORTAL.....	71
<b>Figure IV.18 :</b> Fenêtre de travail de TIA PORTAL .....	71
<b>Figure IV.19:</b> Onglet de sélection des taches et instructions de TIA PORTAL .....	72
<b>Figure IV.20 :</b> Bloc FB1 .....	73
<b>Figure IV.21 :</b> Réseau 1 de poste de relevage .....	73
<b>Figure IV.22 :</b> Réseau 2 de poste de relevage .....	74
<b>Figure IV.23 :</b> Réseau 3 de poste de relevage .....	74
<b>Figure IV.24 :</b> Réseau 4 de poste de relevage .....	75
<b>Figure IV.25 :</b> Réseau 5 de poste de relevage .....	75
<b>Figure IV.26 :</b> Réseau 6 de poste de relevage .....	76
<b>Figure IV.27 :</b> Réseau 7 de poste de relevage .....	76
<b>Figure IV.28 :</b> Réseau de degrileur .....	77
<b>Figure IV.29 :</b> Réseau 1 de dessableur/déshuileur .....	77
<b>Figure IV.30 :</b> Réseau 2 de dessableur/déshuileur .....	78

<b>Figure IV.31</b> : Réseau 3 de dessableur/déshuileur .....	78
<b>Figure IV.32</b> : Réseau 4 de dessableur/déshuileur .....	79
<b>Figure IV.33</b> : Réseau 5 de dessableur/déshuileur .....	79

## Liste d'Abréviations

**ADE** : Algérienne des Eaux

**ATS** : Altistart 22

**AC** : Alternatif Courant

**A.P.I** : Automate Programmable Industriel

**CPU** : Unité centrale de l'automate

**DC** : Direct Courant

**E/S** : Entrée/Sortie

**FB** : Bloc Fonction

**GRAFCET** : Graf de Commande Etapes-Transition

**IL** : Instruction List

**LI** : Logic Input

**LD** : Ladder Diagram

**HMI** : Human Machine Interface

**ONA** : Office National de L'assainissement

**OB** : Bloc d'Organisation

**PC** : Partie Commande

**PO** : Partie Operative

**PN/IE** : Profinet/Industriel Ethernet

**PID** : Proportionnel-Intégral-Dérivée

**PLC** : Programmable Logic Controller

**RMA** : Relais à maximum de courant

**RMV** : Relais à maximum ou minimum de tension

**RDW** : Relais directionnel de puissance

**RMX** : Relais à minimum de réactance

**RAM** : Random Access Memory

**ROM** : Read Only Memory

**SEAAL** : Société des Eaux et d'Assainissement d'Alger

**STEP** : Système d'Épuration

**SM** : Gamme des Modules E/S des automates de Siemens

**SB** : Signal board

**SF** : Modules Fonctionels

**TTL** : Transistor-Transistor logique

**TIA Portal** : Totally Integrated automation Portal

**TOR** : Tout ou Rien

**V13** : Version 13

**WinCC** : Windows Control Center

# Introduction générale

---

Les contraintes croissantes de rentabilité et d'amélioration de la productivité, ont conduit à une automatisation de plus en plus poussée des systèmes de production.

En Algérie, l'automatisation a déjà pris une grande place dans le milieu industriel, toutes les installations industrielles se mettent à cette pratique, qui est en évolution constante et se tourne vers des systèmes de plus en plus autonome, fiable et sécurisé.

La SEAAL utilise, depuis sa création, les nouvelles technologies pour la conception et la réalisation des systèmes de commande automatique pour les stations d'épuration des eaux usées et de traitement de l'eau potable en utilisant des techniques modernes.

Le travail qui nous est assigné, consiste à faire l'étude et la conception d'un système de commande automatique pour la station d'épuration des eaux usées de la ville de Tamanrasset. A cet effet, on a partagé le travail en quatre chapitres.

Dans le premier chapitre de ce mémoire, nous allons décrire d'une façon générale la station d'épuration des eaux usées de la ville de Tamanrasset et en particulier les différents ouvrages qu'elle possède.

Dans le second chapitre, nous allons aborder les équipements électriques et l'instrumentation utilisée dans cette station.

Le troisième chapitre sera consacré au choix de l'automate.

Pour le dernier chapitre, nous allons aborder voir le logiciel de programmation, on a choisi le TIA Portal v13 et on termine par le programme de la STEP de HADJOUT.

Finalement, nous terminons notre travail par une conclusion générale.

# Chapitre I

## I.1.Introduction

L'Algérie compte près de 1, 2 milliards de m<sup>3</sup> de volume annuel d'eaux usées rejetées. Ces eaux usées pour l'essentiel sont déversées par les populations sur les terrains.

Conscient des dégâts causés par le rejet de ses déchets dans la nature, l'homme construit des stations d'épuration qui permettent de traiter les eaux usées. Les stations d'épuration sont installées généralement à l'extrémité d'un réseau de collecte, juste en amont de la sortie des eaux usées vers le milieu naturel.

## I.2. Présentation du SEAAL

La Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger « SEAAL », est une Société Publique par -Actions, détenue à 70% par l'Algérienne Des Eaux « ADE » et à 30% par l'Office National de l'Assainissement « ONA ».

SEAAL est née en 2006 de la volonté politique des Autorités Algériennes d'améliorer rapidement la qualité et le cadre de vie des citoyens, en particulier dans la Capitale.

La principale mission de SEAAL est de produire et de desservir en eau potable, puis de collecter et traiter les eaux usées sur le périmètre des wilayas d'Alger et de Tipasa. Elle dessert ainsi 3,8 millions d'habitants soit environ 10% de la population Nationale.

SEAAL gère également la Station de Traitement d'eau potable de Taksebt (la plus importante station de traitement algérienne) qui approvisionne en eau potable les Wilayas de TiziOuzou, Boumerdes et Alger.

Au total, elle fournit donc, directement ou indirectement, de l'eau potable à une population d'environ 5 millions d'habitants.

SEAAL assure le service auprès de 761 824 clients (ménages, administrations, commerces, industriels et sites touristiques) et le nombre de ses salariés s'élève à 6.293. [1]

Les défis de SEAAL consistaient, d'une part, à moderniser rapidement le service (eau, assainissement, clientèle, patrimoine...) à un niveau de standard international, et, d'autre part, d'autonomiser, à terme, la structure publique grâce à un transfert de savoir-faire de SUEZ

Environnement au profit des équipes locales. Le dispositif organisationnel mis en place assure une communication transparente, claire et fiable entre les acteurs pour atteindre une confiance durable.

Les valeurs à travers lesquelles se définit SEAAL procèdent de la mise en place d'une véritable « Culture d'entreprise » où la notion d'appartenance prend tout son sens. Le développement de cette « Culture d'entreprise » ne pouvait se concrétiser qu'à travers le partage de références incontournables telles que la compréhension des enjeux de la modernisation du Service Public, la mobilisation pour en améliorer la performance et l'exigence de donner une image correspondant aux attentes des clients. Cela s'est matérialisé par trois Valeurs qui résument l'identité de SEAAL dans laquelle chacun de nos collaborateurs se retrouve :

- Le Professionnalisme, générateur de reconnaissance.
- Le Dynamisme, vecteur de visibilité et donc de fierté.
- La Confiance réciproque.

Ces valeurs sont l'aboutissement d'une démarche de concertation au sein de l'entreprise, seule à même de garantir une adhésion de l'ensemble des collaborateurs.

Les stations d'épuration se divisent par deux le traitement des eaux potables et le traitement des eaux usées :

**L'eau potable :** L'eau potable est une eau que l'on peut boire ou utiliser à des fins domestiques et industrielles sans risque pour la santé. Elle peut être distribuée sous forme d'eau en bouteille (eau minérale ou eau de source, eau plate ou eau gazeuse), d'eau courante (eau du robinet) ou encore dans des citernes pour un usage industriel.

**Les eaux usées :** Les eaux usées (ou eaux polluées) sont des eaux qui ont été altérées par l'activité humaine. Il peut ainsi s'agir d'eaux polluées provenant d'usines ou d'eau de ruissellement provenant d'un parc de stationnement. Ces eaux contiennent des hydrocarbures et autres éléments chimiques polluants qui contraignent à un traitement de l'eau afin de la rendre de nouveau propre. Elles sont la plupart du temps expédiées à travers les égouts, au terme desquels elles passeront à travers une station ou un centre de traitement. Ces derniers purifient l'eau avant de la rejeter dans la nature, de telle sorte que l'impact de l'Homme sur l'eau soit le plus neutre possible. Dans notre mémoire on s'intéresse aux eaux usées.

Afin améliorer le bien-être des citoyens d'Alger et de Tipasa, SEAAL procède quotidiennement à de multiples opérations. Elles consistent :

- Au curage préventif des réseaux.
- À l'entretien et l'exploitation des postes de relevage.
- Aux travaux de renouvellement du réseau ou des postes de relevage.
- À la mise à niveau des regards sur chaussées pour permettre l'accès au réseau.
- Aux interventions d'urgence suite aux appels arrivant au cato.
- Au diagnostic de l'état des réseaux au moyen d'inspections télévisuelles pour anticiper les casses de canalisation et les affaissements de chaussée.

Ce travail est particulièrement sensible en milieu urbain.

SEAAL a en charge le réseau public d'assainissement. Cependant, il existe d'autres réseaux sous la responsabilité d'entités publiques ou privées comme les réseaux internes aux entreprises ou bien les réseaux d'évacuation d'eaux pluviales.

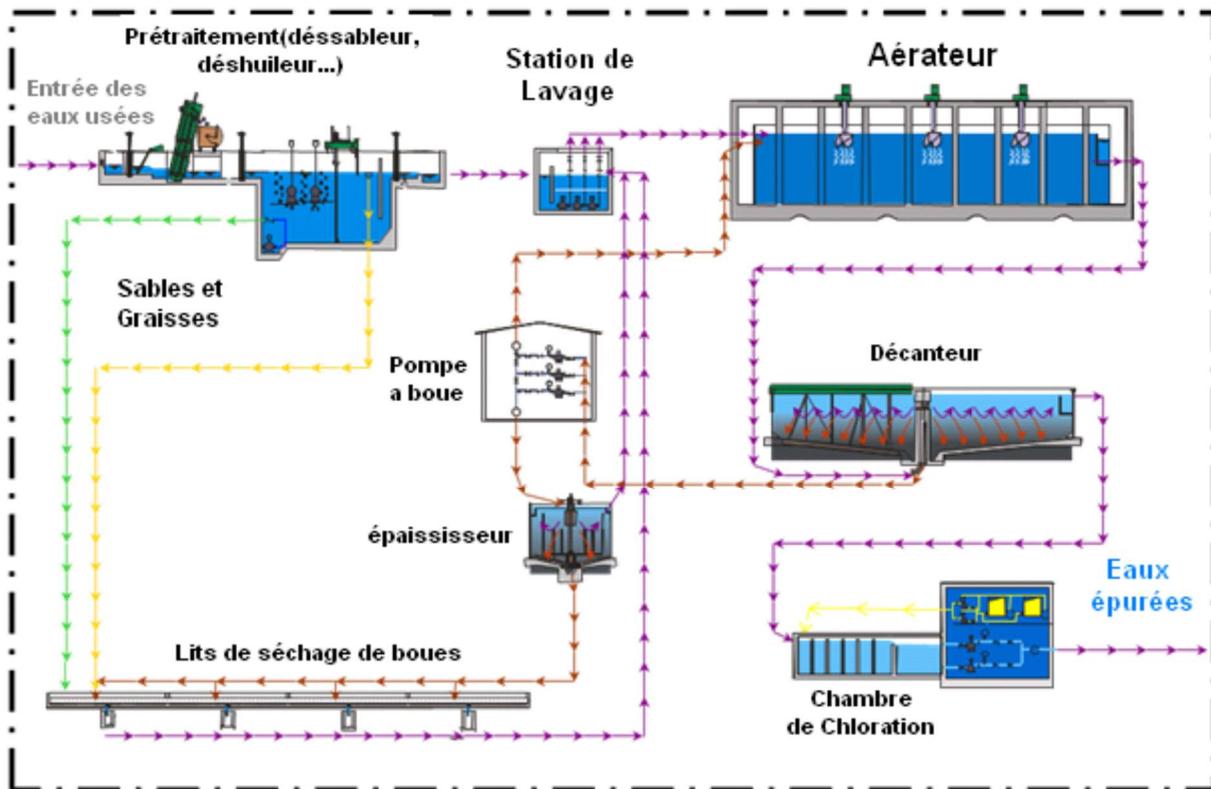
La pollution contenue dans les eaux collectées doit être traitée sur des stations d'épuration. Les dispositifs d'épuration mettent en œuvre des procédés physiques et biologiques. De ce fait, les unités doivent être fonctionnelles 24h/24 afin de traiter les effluents en fonction des variations de l'activité humaine produisant des eaux usées. Un programme de contrôle des effluents en entrée et sortie des stations d'épuration est mis en œuvre afin de garantir la conformité des eaux rejetées dans le milieu naturel.

### **I.3. Présentation d'un système d'épuration**

Une goutte d'eau usée produite par le consommateur transite par plusieurs étapes avant d'être rejetée dans le milieu naturel. Ce cycle épuratoire débute par la collecte des eaux usées.

SEAAL, gère sur les périmètres d'Alger et de Tipasa plus de 4 500 km de réseau d'eaux usées qui permettent d'acheminer les eaux vers 7 stations d'épuration (STEP). Voir la figure I.1.

## Schéma de principe de la STEP



*Figure I.1* : schéma de la STEP

La SEAAL gère 52 postes de relevage sur Alger et 8 sur Tipasa (avec 15 postes de relevage supplémentaires en cours de raccordement sur Tipasa), dont le rôle principal est de pomper progressivement les eaux au fil des variations topographiques du terrain vers les sites de traitement, sont exploités 24h/24. Une goutte d'eau usée peut ainsi transiter par plusieurs postes de relevage successifs avant de rejoindre une STEP.

Le réseau est équipé par endroit d'exutoires nommés «déversoirs d'orage» permettant de sécuriser le réseau contre des surcharges, notamment en temps de pluie de forte intensité.

Ces déversoirs d'orages sont progressivement instrumentés afin de garantir leur fonctionnement optimal.

Une fois arrivées sur une Station d'Épuration, les eaux usées subissent différentes étapes de traitement pour devenir une eau épurée apte à être accueillie par le milieu naturel sans impact environnemental.

Les premières étapes de traitement mettent en jeu des dispositifs physique faisant intervenir des grilles, tamis ou filtres pour retenir les particules de grosse taille. Les éléments plus fins (sables) sont ensuite piégés par décantation.

La pollution résiduelle, après prétraitement, se caractérise principalement par :

- la pollution carbonée
- la pollution azotée
- la pollution phosphorée

Ces composantes de la pollution servent de nutriments à des bactéries épuratrices qui sont « cultivées » dans les STEP. La consommation de la pollution par les bactéries va engendrer une épuration des eaux mais également un accroissement de la quantité de bactéries. La quantité excédentaire de bactéries épuratrices également nommée « biomasse », doit être extraite, sous forme de boue liquide.

Les eaux et la biomasse passent par un ouvrage de séparation en fin de traitement. Les eaux ainsi assainies sont ensuite rejetées en milieu naturel ou réutilisées pour l'irrigation des terres agricoles dans le cadre de la réglementation en vigueur.

Des procédés de concentration et de déshydratation des boues liquides vont conduire à la production d'une boue pâteuse contenant des éléments fertilisants.

La production actuelle des 7 stations d'Alger et de Tipasa est de l'ordre de 36.000 tonnes de boue brute, contenant 75% d'eau, soit environ 9.000 tonnes de boues sèches par an.

Le rôle de SEAAL est ainsi clairement défini en matière d'assainissement. Cependant, la contribution de tous les citoyens est indispensable afin, d'une part, de s'assurer que leurs rejets sont intégralement collectés par le réseau public et, d'autre part, qu'ils ne perturbent pas le bon fonctionnement des dispositifs de collecte et de traitement des eaux usées.

Il est du devoir de chacun de :

- S'assurer que son activité (personnelle ou professionnelle) ne génère pas de rejet direct dans le milieu naturel
- Dissocier les systèmes de collecte des déchets solides des systèmes de collecte des eaux usées. Nous constatons malheureusement que de nombreux déchets ménagers et gravas sont encore régulièrement extraits des réseaux et des STEP.

- Prendre conscience que le cycle de l'eau est global : La protection de la ressource en eau passe obligatoirement par une collecte et un traitement efficient des eaux usées domestiques et industrielles. Chacun doit donc adapter son comportement dans une perspective court, moyen et long termes, dans une logique de Développement Durable.
- LES STATIONS D'ÉPURATION DE TIPAZA :

SEAAL gère sur les périmètres de Tipasa, sept stations d'épuration : SUR TIPASA :

### **I.3.1 – Station de traitement des eaux usées de Koléa**

La STEP de Kolea a une capacité épuratoire de 75.000 Eq.Hab. pour un débit moyen théorique de 11.000 m<sup>3</sup>/j.

La station a été construite en 2 étapes. La première, comprenant une filière complète de traitement dont 2 bassins d'aération a été mise en service en 1986. La seconde, mise en service en 2006, a consisté à compléter le traitement par une 3ème filière biologique. L'unité est cependant limitée en termes de flux du fait du dimensionnement des prétraitements. Elle a reçu en moyenne 2.400 m<sup>3</sup>/jour en 2013 et produit 900 tonnes de boues à 20.1 % de siccité. Les performances de traitement permettent de garantir une conformité du rejet d'environ 70% sur 2013 et un rendement d'élimination de la pollution supérieur à 87%.

### **I.3.2 – Station de traitement des eaux usées de Chenoua**

Mise en service en Janvier 2008, la STEP de Chenoua a une capacité de 70.000 Eq.Hab. pour débit 11.200m<sup>3</sup>/j.

Cette station a reçu en moyenne 5.400 m<sup>3</sup>/jour en 2013 et produit 1.300 tonnes de boues à 24.4 % de siccité. Les performances de traitement permettent de garantir une conformité du rejet de 100% sur 2013 et un rendement d'élimination de la pollution supérieur à 93%.

### **I.3.3 – Station de traitement des eaux usées de Hadjout**

Mise en service en juin 2006, la station d'épuration de Hadjout est de type boues activées fonctionnant en aération prolongée faible charge associée à une dénitrification. Sa capacité nominale est de 70.000 Eq.Hab. pour débit de 11.200m<sup>3</sup>/j. Elle reçoit 7.300 m<sup>3</sup>/j en moyenne et permet d'éliminer plus de 94% de la pollution contenue dans les eaux usées. Son niveau de conformité atteint 100% sur 2013. La production de boue est de 2.200 tonnes de boues par an, à 19.4 % de siccité.[1]



*FigureI.2 : la station de HADJOUT*



*FigureI.3 : la station de HADJOUT*

## I.4. Synoptique de la station

L'épuration des eaux usées est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau pour réutiliser ou les recycler dans le milieu naturel.

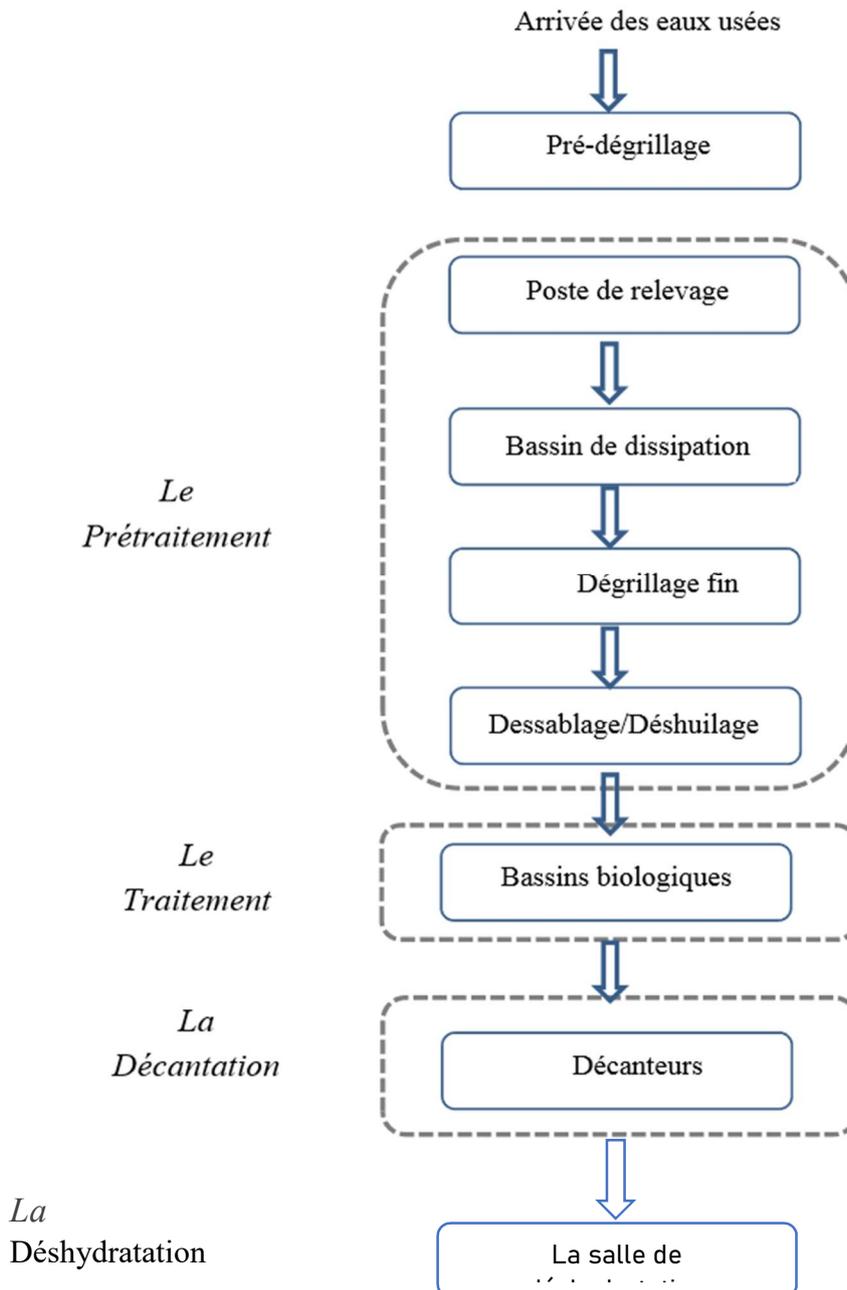


Figure I.4: Diagramme fonctionnel de la station

## I.5. Fonctionnement de la station

La station est aménagée pour traiter la pollution carbonée, azotée et phosphorée. Les effluents de type urbain parviennent à la station, à travers un réseau de type séparatif, par le cheminement suivant :

- Les eaux usées collectées arrivent dans une bache équipée de pompes immergées (1 + 1 en réserve) ;
- Elles sont refoulées ensuite vers un bassin de dissipation puis un dégrilleur fin manuel afin d'y être débarrassées des matières les plus volumineuses ;
- Les eaux brutes suivent ensuite deux files fonctionnant en parallèle pour être épurées et rejetées en milieu naturel ;
- Les eaux brutes dégrillées parviennent ainsi dans un ouvrage de dessablage/déshuilage permettant la séparation des graisses par flottation et la séparation des sables par décantation ;
- L'effluent passe ensuite dans la zone de traitement biologique comportant deux bassins d'aération longitudinaux de 80000 m<sup>3</sup> équipés chacun de 06 aérateurs flottants ;
- La liqueur mixte issue des bassins d'aération est dirigée vers 02 décanteurs de 14000 m<sup>3</sup>, ouvrage de séparation des boues et de l'eau traitée ;
- Les eaux épurées passent à travers une conduite de diamètre 400mm vers un bassin de stockage ;
- Les boues dans le décanteur sont stockées pendant un certain temps dans cet ouvrage ;
- Ces boues seront extraites manuellement ou par pompage. Elles seront stockées, soit dans le bassin existant sur le site de la station ou dans une aire de stockage à l'extérieure de la clôture, soit sur une plate-forme qui sera aménagée à l'intérieur de la clôture en vue d'une éventuelle valorisation.

## I.6. Description des ouvrages

La station est équipée des ouvrages suivants :

### I.6.1. La partie prétraitement :

#### I.6.1.a. Le prédégrilleur

L'opération de prédégrillage consiste à faire passer l'effluent entre les barreaux d'une grille fixe, il retire ainsi les fragments supérieurs à l'écartement de la grille.



*Figure I.5: le predigreur*

#### I.6.1.b. Le poste de relevage

Il est situé en aval du prédégrilleur et en amont du bassin de dissipation (qui est en aval de dégrilleur fin). Deux pompes émergées fonctionnent selon le niveau d'eau usée dans le poste, pour relever l'eau à une hauteur considérable vers le bassin de dissipation et après vers le dégrilleur fin via un canal à ciel ouvert.



*Figure I.6:* poste de relevage

### **I.6.1.c. Le dégrilleur**

L'eau de poste de relevage est pompée et refoulée vers les deux dégrilleurs fins qui sont à nettoyage manuel. Ils sont composés de deux grilles avec un espace entre barreaux de **10mm**, le nettoyage de ces grilles s'effectue d'une manière très simple par une racle rigide. Les grilles peuvent être isolées, chacune en amont et en aval, par des vannes murales et ce pour les

opérations d'entretien et de maintenance. Cet ensemble est en communication hydraulique directe avec l'ouvrage de déshuilage/dessablage. Les refus des deux dégrillages fins sont déversés dans une benne tractable de 3m<sup>3</sup> de volume, placée à côté de l'ouvrage de dégrillage. Cet ouvrage est précédé d'un canal de by-pass.



*Figure I.7: Degrilleur*

#### **I.6.1.d. Le Dessableur/Déshuileur**

Le but dessablage est l'extraction des eaux brutes, les graviers, sables et particules minérales plus au moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les bassins d'aération. La forme du radier est adaptée à la reprise des sables. L'extraction de ce dernier est réalisée manuellement par pompe suceuse ou pelle, déversant la sable dilué dans une benne tractable. Le déshuilage a pour but la rétention des graisses par flottation naturelle. Ces deux phases sont ainsi combinées et réalisées dans un même ouvrage.

Tout l'ouvrage peut être isolé en amont et en aval respectivement par deux vannes murales.



*Figure I.8:* Dessableur/Deshuileur

## **I.6.2 la partie biologique**

Le procédé d'épuration mis en œuvre est le traitement des eaux usées par lagunage aéré. L'eau ainsi dessablée et déshuilée est répartie dans deux bassins identiques où s'effectue la transformation des matières organiques en matières minérales en présence des microorganismes. Ces deux bassins sont protégés par un géotextile et une géo membrane. Le bassin est un réacteur biologique alimenté en continu dans lequel la biomasse est brassée et aérée en même temps que l'eau usée. L'aération se fait avec six aérateurs pour chaque bassin, ils ont pour but de dissoudre de l'oxygène dans la liqueur mixte, afin de répondre au besoin des micro-organismes épurateur. Après un temps de contact suffisant, la liqueur mixte est envoyée vers les décanteurs.



*Figure I.9* : les bassins

### **I.6.3. La partie de compostage**

#### **I.6.3.a. Les décanteurs :**

Le mélange d'eau et de boues est évacué des bassins d'aération vers les décanteurs pour achever la séparation des phases solides et liquides. La séparation se fait par décantation des boues au fond du bassin, il est important de conserver un niveau constant de boues dans le décanteur pour maintenir une biomasse suffisante dans le système.



*Figure I.10* : décanteur

### **I.6.3.b.salle de déshydratation**

A la sortie de la décantation, les eaux épurées sont envoyées ensuite, à travers une conduite, vers un Bassin de stockage afin d'y être rejeté vers le milieu naturel.



*Figure I.11* : La salle de déshydratation

## I.7. Schéma de la partie prétraitement

Dans notre projet on va viser juste l'étape prétraitement de notre STEP (voir figure I.12)

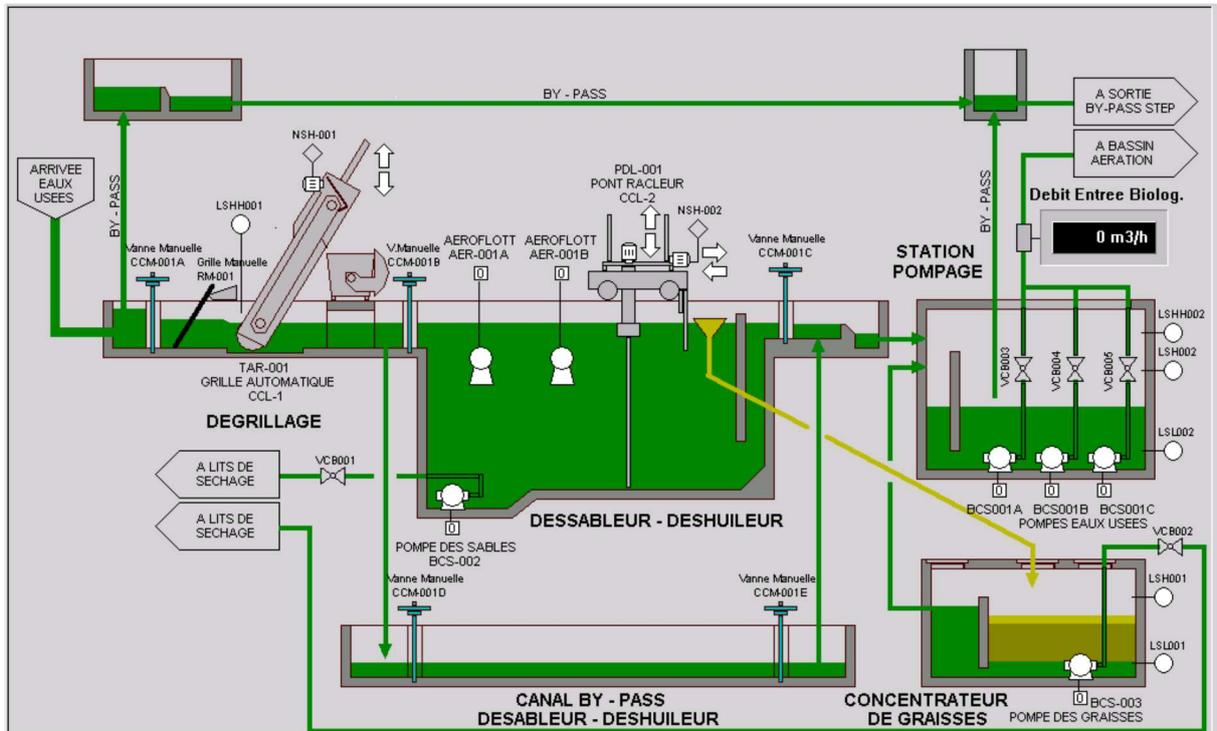


Figure I.12: Traitement physique (dégrillage- Dessablage – déshuilage).

## I.8. Conclusion

Dans ce premier chapitre, nous avons décrit le fonctionnement de toute la station d'épuration de la ville de Hadjout et les différentes étapes et ouvrages que suivent les eaux usées pendant le processus de traitement.

Le chapitre suivant sera consacré à la description de matériels électriques de la partie prétraitement de la station.

# Chapitre II

## II.1 Introduction :

La station d'épuration des eaux usées de Hadjout est dotée d'équipement électrique et d'instrumentation (capteurs & actionneurs) de nouvelle technologie. Ce matériel est connu pour ses performances, sa robustesse et sa sécurité.

Après avoir étudié la station et après une bonne compréhension de processus de prétraitement, nous donnons une étude sur les actionneurs (pompes, moteurs, ...) et les capteurs utilisés dans chaque étape de prétraitement. Cette étude nous permettra de concevoir notre commande de fonctionnement automatisée qui répondra aux exigences de fonctionnement de la station.

## II.2 Structure d'un système automatisé[13] :

Tout système automatisé comporte :

- une **partie opérative** (P.O.)
- une **partie commande** (P.C)

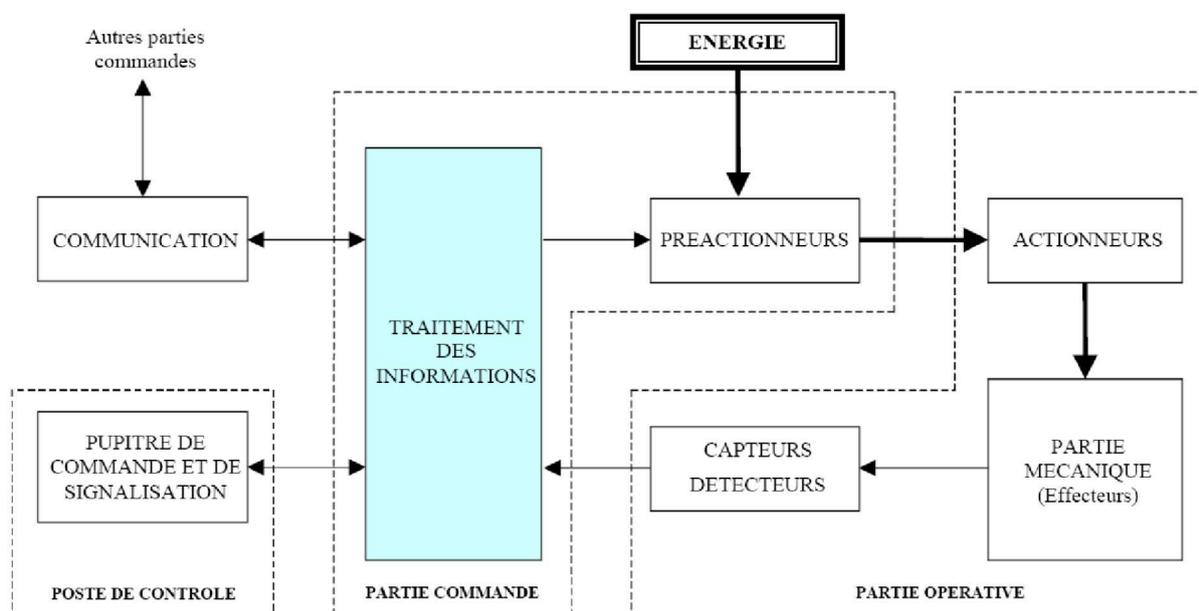


Figure II.1 : Structure d'un système automatisé

- **La partie opérative :**

C'est la partie du système automatisée qui réalise les actions. Elle regroupe deux familles très différentes d'organes : les actionneurs et les capteurs.

**Les actionneurs** ont pour fonction de convertir une énergie en une autre, par exemple de l'énergie électrique en énergie mécanique, en mouvement. Ce sont souvent des moteurs. Ils réalisent les ordres que donne la partie commande. Ils utilisent en général des grandes quantités d'énergie pour pouvoir fonctionner.

**Les capteurs** ont pour rôle de donner des informations à la partie commande. Ils l'informent sur l'état de la machine et son environnement. Ils utilisent très peu d'énergie. Les boutons poussoirs sont les capteurs les plus simples.

- **La partie commande :** La partie commande d'un automatisme est le sous-ensemble qui effectue les opérations de calcul et transmet les ordres à la partie opérative. Elle est généralement composée de microcontrôleurs et microprocesseurs. Plus simple : la partie commande reçoit les informations de la partie opérative, les traite et les renvoie.

### **II.3.Equipements électriques de la partie prétraitement de la station :**

La partie opérative (puissance) de prétraitement de la station est équipée de :

- **Les pompes de relevage ;**
- **Le moteur de dégrilleur ;**
- **Débitmètre électromagnétique ;**
- **Capteur a ultrason ;**
- **Capteur de niveau ;**

### II.3.1.Pompes de relevage :

Elle sert à relever un fluide de quelques mètres de hauteur ou bien à l'envoyer sous pression dans une conduite.

Les pompes de relevages utilisées dans cette partie sont au nombre 4 pompes et d'une puissance de 17 kW chacune, elles sont émergées dans la station de relevage et permettent de relever l'eau usée vers le dégrilleur.



Figure II.2 : Les pompes de relevage de la station

### II.3.2.Le Moteur de dégrilleur :

C'est un moteur asynchrone triphasé d'une puissance de 0,9 kW. Il est actionné manuellement afin de dégager les déchets récupérés vers une benne tractable



Figure II.3 : Moteur de dégrilleur de la station

### II.3.2.1 Le moteur asynchrone triphasé :

L'actionneur électrique le plus utilisé dans les équipements automatiques et les machines-outils (exemple : tour, fraiseuses) est le moteur asynchrone triphasé à cage. (Voir figureII.4)

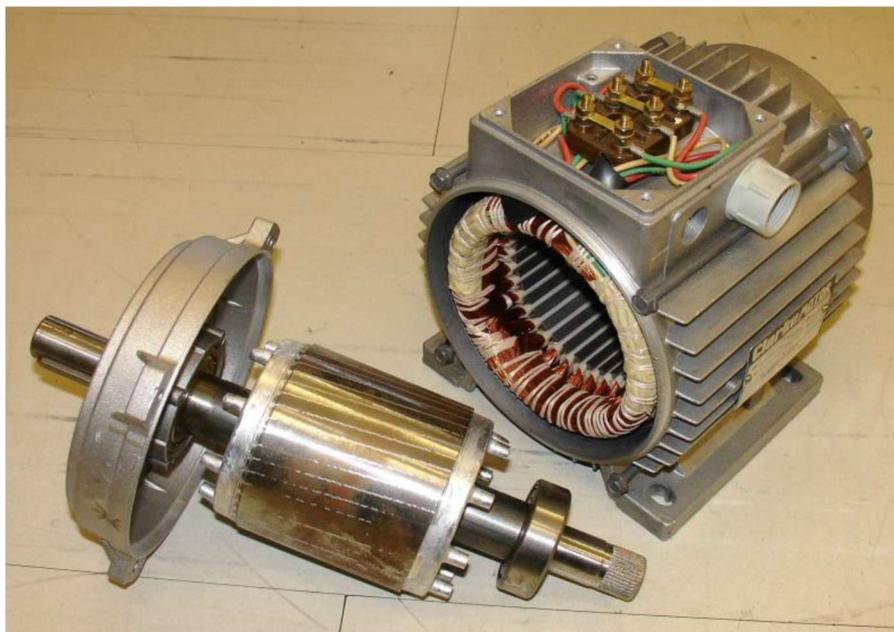


Figure II.4 Moteur asynchrone triphasé

Il représente plus de 80% du parc moteur électrique. Ils sont utilisés pour transformer l'énergie électrique en énergie mécanique grâce à des phénomènes électromagnétiques.

C'est une machine robuste, économique et nécessitant peu de maintenance. De plus la vitesse de rotation est presque constante sur une large plage de puissance. Ce type de moteur est utilisé dans la station pour les pompes de relevage, le dégrilleur et les aérateurs de surface.

#### a) Constitution :

Le moteur asynchrone triphasé est constitué de deux parties : une partie tournante appelée rotor ou induit, et une partie fixe appelée stator ou bien inducteur

- **Le stator** : Le stator est formé d'une carcasse ferromagnétique qui contient trois enroulements électriques. C'est la partie fixe du moteur. Le passage d'un courant dans les enroulements crée un champ magnétique à l'intérieur du stator. Sur les moteurs triphasés, il y a 3 enroulements alimentés (en étoile 230V ou en triangle 400V) chacun par une phase. Pour le moteur asynchrone, le stator est l'inducteur (celui qui "induit", qui crée le champ magnétique). Au centre des trois bobines se trouve le rotor.
- **Le rotor** : C'est l'élément en rotation qui transmet la puissance mécanique. Il se trouve au centre du moteur et est soumis au champ magnétique créé par le stator. Pour le moteur asynchrone, le rotor est l'induit (celui qui subit les courants « induit »)

#### b) Principe de fonctionnement :

Ce qui permet au rotor de tourner c'est le principe des champs magnétiques tournant produit par des tensions alternatives. Trois enroulements sont disposés dans le stator à  $120^\circ$  les uns des autres, une fois alimentés trois champs magnétiques indépendants sont créés.

Ces champs magnétiques sont déphasés dans le temps de par la nature même du courant triphasé la vitesse du champ magnétique sera toujours supérieure à celle du rotor, les deux vitesses ne peuvent être synchrones d'où le nom de moteur asynchrone.

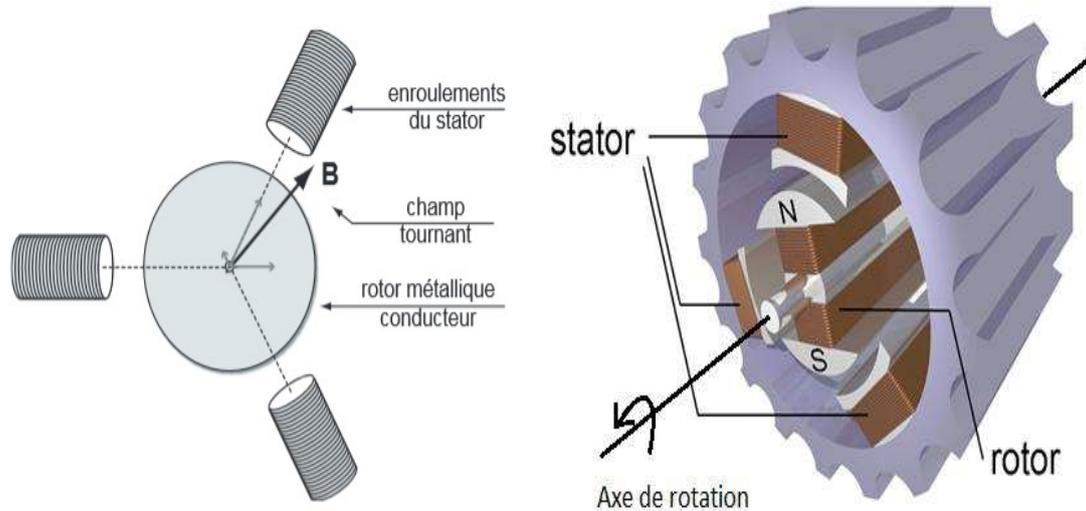


Figure II.5 schéma représentatif de fonctionnement du Moteur

- La vitesse d'un moteur en tours par secondes dépend de la fréquence du réseau qui alimente le stator en Hz et du nombre de pôle du moteur, donc pour faire varier la vitesse d'un moteur il suffit de modifier la fréquence ou le nombre de pôle.

**c) Couplage Moteur :**

Il y a deux possibilités de branchement du moteur au réseau électrique triphasé.

- **Le montage en étoile**
- **le montage en triangle**

Avec un branchement en étoile, la tension aux bornes de chacune des bobines est d'environ 230V. Dans le montage en triangle, chacune des bobines est alimentée avec la tension nominale du réseau (400V). On utilise le montage étoile si un moteur de 230V doit être relié sur un réseau 400V ou pour démarrer un moteur à puissance réduite dans le cas d'une charge avec une forte inertie mécanique.

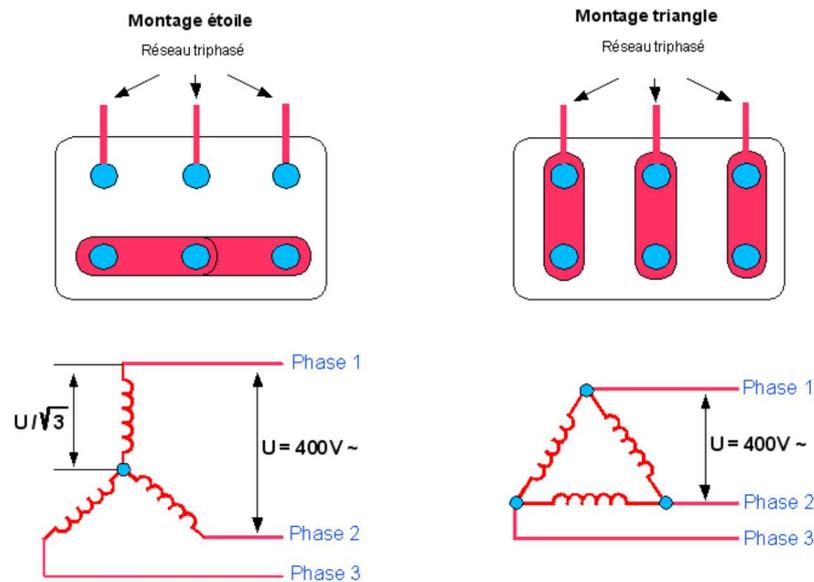


Figure II.6 : Schéma représentatif du couplage du moteur (étoile/triangle)

### II.3.3. Débitmètre électromagnétique :

#### a) Définition :

Un débitmètre électromagnétique est un type de débitmètre utilisant le principe de l'induction électromagnétique. Pour ce faire, un champ magnétique est appliqué au fluide dont on souhaite mesurer le débit, ce qui crée une force électromotrice d'autant plus forte que le débit est élevé. Ce type de débitmètre nécessite que le fluide ait une conductivité électrique suffisante[2].



Figure II.7 Le débitmètre électromagnétique de la station

**b) Principe de fonctionnement :**

Le principe du débitmètre électromagnétique est basé sur la loi de Lenz. Un conducteur en mouvement dans un champ magnétique constant verra une force électromotrice apparaitre. L'amplitude de cette force électromotrice est proportionnelle à la vitesse de déplacement du conducteur.

**II.3.4.Capteur à ultrason :**

Son principe de fonctionnement repose comme son nom l'indique sur l'utilisation des ultrasons. Ce sont des ondes acoustiques dont la fréquence est trop élevée pour être audible par l'être humain. Ici, on mesurera un niveau grâce au capteur ultrasonique. On peut utiliser d'autres moyens (la pression hydrostatique exercée par le fluide par exemple) pour déterminer le niveau d'un produit dans une cuve, mais la mesure de niveau par ultrasons permet d'effectuer une mesure sans contact avec le produit. [2]



**Figure II.8** Lecapteur ultrason de la station

### II.3.4.1 Principe de fonctionnement :

L'émetteur et le récepteur sont situés dans le même boîtier. L'émetteur envoie un train d'ondes qui va se réfléchir sur l'objet à détecter et ensuite revenir à la source. Le temps mis pour parcourir un aller-retour permet de déterminer la distance de l'objet par rapport à la source. Plus l'objet sera loin plus il faudra longtemps pour que le signal revienne. Pour détecter le niveau.

### II.3.5 Le Flotteur (capteur de niveau) :

Le flotteur est composé d'un système maintenu à la surface du liquide et solidaire d'un capteur de position. Le capteur transmet un signal électrique qui correspond au niveau du liquide dans le réservoir.[2]



Figure II.9 :Le flotteur de dégrilleur

## II.4.Equipement des armoires :

### II.4.1.Le disjoncteur

Le disjoncteur est un organe électromécanique de protection, dont la fonction est d'interrompre le courant de surcharge ou un courant de court-circuit dans une installation. Son pouvoir de

coupure et de fermeture est très élevé. Suivant sa conception, il peut surveiller un ou plusieurs paramètres d'une ligne électrique. Sa principale caractéristique lui permet de ne subir aucune avarie lors de son fonctionnement.[3]



**Figure II.10** : Le disjoncteur principal de l'armoire

Il comporte essentiellement :

- Un circuit principal, constitué des parties conductrices liant le réseau d'alimentation et le circuit à protéger.
- Un circuit de commande qui englobe toutes les parties insérées dans le circuit pour commander l'ouverture et la fermeture
- Un circuit auxiliaire qui peut assurer des fonctions de signalisation ou de verrouillage.

Un disjoncteur moteur est un organe de protection dont la fonction est d'interrompre le courant électrique en cas de surcharge ou de court-circuit, c'est un dispositif magnétothermique.



Figure II.11 : Disjoncteur moteur schneider

Les différents types de protection sont :

- **Protection thermique :**

Chaque phase du moteur est protégée par un bilame (déclencheur thermique) qui en cas de surintensité prolongée chauffe par effet Joule et déclenche un mécanisme qui ouvre les contacts. Le seuil de déclenchement est réglable directement sur le disjoncteur moteur.

- **Protection magnétique:**

Un déclencheur équipé d'un électroaimant protège chaque phase qui en cas de court-circuit coupe le courant électrique.

Ce déclencheur est basé sur la création d'un champ magnétique instantané (0,1sec) qui actionne une partie mobile et commande l'ouverture des contacts.

La partie magnétique du disjoncteur moteur n'est pas réglable ce sont les courbes de déclenchement qui définissent le seuil de déclenchement qui s'exprime en nombre de fois l'intensité nominale (3 à 15 In).

De nombreux accessoires existent suivant les marques:

- Contacts auxiliaires
- Déclencheur à manque de tension
- Déclencheur à présence de tension
- Bouton d'arrêt d'urgence à distance
- Dispositifs de verrouillage
- Coffret IP 65 [3]

### II.4.2. Le contacteur



Figure II.12 le contacteur

Un contacteur est un appareil électrotechnique destiné à établir ou interrompre le passage du courant, à partir d'une commande à distance, électrique ou pneumatique

Les contacteurs sont caractérisés par leur faculté de commander des puissances élevées avec un facteur d'amplification qui peut atteindre 2000. Ils garantissent une séparation électrique entre circuit d'entrée et de sortie. Leur propriété de télécommander permet de réaliser des automatismes très complexes

Le contacteur comporte quatre parties essentielles :

- Circuit principal qui est constitué de pôles principaux, contacts principaux et éléments de liaison électrique.
- Circuit de commande qui comporte le contact de commande.
- Circuit auxiliaire qui sert à verrouiller ou à signaler la position du circuit de commande principal.
- L'organe moteur qui est constitué d'une bobine alimentée par courant électrique.[3]

### II.4.3. Les Relais de protection :

**Définition :** Ce sont des dispositifs de surveillance des grandeurs électriques du réseau. Ils sont destinés à donner des ordres de coupure ou de mise hors tension du circuit de ce réseau lorsque les grandeurs qui l'alimentent franchissent un seuil prédéterminé.

Un relais est désigné selon la grandeur surveillée (tension, courant, puissance, impédance....)

- Relais à maximum de courant RMA.
- Relais à maximum ou minimum de tension RMV. ·
- Relais directionnel de puissance RDW.
- Relais à minimum de réactance RMX.

- **Il existe plusieurs types des relais :**

- a) Relais numérique :**

La technologie numérique a fait son apparition au début des années 1980. Avec le développement des microprocesseurs et des mémoires, les puces électriques ont été intégrées aux équipements de protection.

Les protections numériques, sont basées sur le principe de la transformation de variables électriques du réseau, fournies par des transformateurs de mesure, en signaux numériques de faible voltage. L'utilisation de techniques numériques de traitement du signal permet de décomposer le signal en vecteurs, ce qui autorise un traitement de données via des algorithmes de protection en fonction de la protection désirée. En outre, ils sont équipés d'un écran d'affichage à cristaux liquides sur la face avant pour le fonctionnement local.

Ces dispositifs nécessitant une source auxiliaire, offrent un excellent niveau de précision et un haut niveau de sensibilité. Ils procurent de nouvelles possibilités, comme :

- Intégration de plusieurs fonctions pour réaliser une fonction de protection complète dans une même unité,
- Le traitement et le stockage de données,
- L'enregistrement des perturbations du réseau (pétrographe),
- Le diagnostic des dispositifs connectés (disjoncteurs, ...etc.).

**b) Relais électromagnétique :**

Il est constitué d'une armature mobile sur laquelle agissent des bobines ou des aimants ou des conducteurs.

La bobine parcourue par un courant provoque l'aimantation du circuit magnétique dont la partie mobile se déplace. La force d'attraction sur la partie mobile sera d'autant plus grande que l'intensité du courant sera plus élevée et l'entrefer plus faible.

**c) Relais thermique :**

Il comporte un élément actif chauffé par le passage de l'intensité de courant absorbé par l'appareil à protéger. Cet élément est une lame bimétallique qui se déforme sous l'effet de l'augmentation de la température engendrée par la surintensité.



*Figure II.13* Le relais thermique

**d) Relais temporisés :**

Un relais temporisé est un composant d'automatisme simple qui permet de gérer des actions dans le temps ou le temps des actions. Le relais temporisé est un organe de commande qui déclenche une action selon un temps et une fonction. A l'issue d'un temps préalablement déterminé, le relais temporisé assure la fermeture ou l'ouverture d'un ou plusieurs contacts.

Les démarrages d'un cycle de temporisation, unique ou répétitif, sont obtenus par des entrées maintenues ou impulsionnelles, permettant de réaliser un grand nombre de fonctions.



Figure II.14 : Le Relais temporisé

#### e) Relais miniature

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



Figure II.15le Relais miniature

**Exemple de caractéristiques d'un relais miniature REED série PRME de Clare**

- Modèle PRME 15005
- Résistance bobine : 360 ohms
- Tension d'enclenchement : 3,5 V
- Tension de déclenchement : 1 V
- Pouvoir de coupure : 500 mA max / 100 Vdc max / 8 VA max
- Courant passant une fois les contacts fermés : 1 A max
- Résistance des contacts : 0,2 ohm max quand le relais est neuf, 1 ohm en fin de vie (mesure à 100 mA)
- Résistance d'isolement : 10000 MO entre contacts ouverts
- Résistance d'isolement : 10000 MO entre contacts et bobine
- Dissipation puissance bobine (à 25 °C) : 600 mW max Ce type de relais peut être commandé directement par la sortie d'un circuit logique TTL, à condition toutefois que le relais soit doté d'une diode de protection interne (par exemple modèle PRME 15005B), ou qu'une diode soit ajoutée en externe.[3]

**II.4.4.Le démarreur ATS 22 :**

Pour démarrer le moteur qui équipe les pompes de relevage, on a opté pour un démarrage progressif en utilisant un démarreur Schneider ATS 22. Le choix s'est posé sur ce démarreur progressif comme solution convenable grâce aux avantages qu'il offre : moderne, fiable, économique et sans entretien.



Figure II.16 : Le démarreur ATS 22

**a) Définition :**

Le démarreur-ralentisseur Altistart 22 de Schneider Electric assure le démarrage et l'arrêt progressifs en tension et en couple des moteurs asynchrones triphasés à cage, pour des puissances comprises entre 4 et 400 kW. Il est livré prêt à l'emploi pour une application standard avec une protection moteur de classe 10.

Les performances du démarreur-ralentisseur Altistart 22 ont été mises au service de la robustesse, de la sécurité des personnes et des machines, ainsi que de la facilité de mise en œuvre.

Pour mieux répondre à certaines applications qui nécessitent de pouvoir court-circuiter le démarreur en fin de démarrage, par exemple pour limiter la dissipation thermique émise par le démarreur, l'utilisation de la fonction de by-pass (contacteur de shuntage) a été facilité par son intégration dans le démarreur. [3]

**b) Constitution :**

Les démarreurs modernes sont composés de deux modules généralement regroupés dans une même enveloppe :



**II.5 Conclusion :**

Dans ce second chapitre, nous avons procédé à une description de tout le matériel électrique utilisée dans la station de façon détaillée ainsi que leur principe de fonctionnement.

Dans le prochain chapitre sera consacré pour la partie commande et au matérielle de programmation.

# Chapitre III

### III.1. Introduction

La partie commande joue le rôle du cerveau de notre système. Il pilote la tranche opérative en recevant les informations venant des capteurs afin de les transmettre dans cette même Partie Opérative vers des pré-actionneurs et actionneurs.

On verra par la suite les performances de la commande avec un automate programmable qui remplace une commande ancienne.

### III.2 Généralités sur les automates programmables :

#### III.2.1 Historique [10], [11] :

Les Automates Programmables Industriels (API) sont apparus aux Etats-Unis vers la fin des années soixante, à la demande de l'industrie automobile américaine (General Motors) qui réclamait plus d'adaptabilité de leurs systèmes de commande.

Les ingénieurs américains ont résolu le problème en créant un nouveau type de produit nommée automates programmables. Ils n'étaient rentables que pour des installations d'une certaine complexité, mais la situation a très vite changée, ce qui a rendu les systèmes câblés obsolètes.

De nombreux modèles d'automates sont aujourd'hui disponibles ; depuis les nano automate bien adaptés aux machines et aux installations simples avec un petit nombre d'entrées/sorties, jusqu'aux automates multifonctions capables de gérer plusieurs milliers d'entrées/sorties et destinés au pilotage de processus complexes.

#### III.2.2 Définition de l'automate programmable :

Un automate programmable industriel (API) est une machine électronique spécialisée dans la conduite et la surveillance en temps réel de processus industriels et tertiaires. Il exécute une suite d'instructions introduites dans ses mémoires sous forme de programmes, et s'apparente par conséquent aux machines de traitement de l'information.

Trois caractéristiques fondamentales le distinguent des outils informatiques tels que les ordinateurs utilisés dans les entreprises et le tertiaire :

- Il peut être directement connecté aux capteurs et pré-actionneurs grâce à ses entrées/sorties industrielles.

- Il est conçu pour fonctionner dans des ambiances industrielles sévères (Température, vibrations, microcoupures de la tension d'alimentation, parasites, etc...).

Enfin, sa programmation à partir de langages spécialement développés pour le traitement de fonctions d'automatisme facilite son exploitation et sa mise en œuvre.

Les automates programmables effectuent des tâches d'automatisation traduites sous formes de programme d'application. L'utilisateur définit la manière dont l'automate doit commander l'installation par une suite d'instructions, le programme doit être écrit dans un langage déterminé avec des règles définies pour que l'automate puisse l'exécuter. Pour cela, les automates de la famille SIEMENS sont programmés grâce au logiciel TIA PORTAL ou STEP7 via une console de programmation ou PC et sous un environnement WINDOWS.

### **III.3. Les avantages et les inconvénients[12] :**

#### **III.3.1. Avantages :**

- Simplicité du matériel et du noyau d'exécution.
- Possibilité de gérer des tâches parallèles.
- Sans système d'exploitation multitâche.
- Réalisable sur des microprocesseurs peu puissants.
- Simplicité de la programmation
- Pour des applications très simples, il existe des langages ne nécessitant quasiment aucune connaissance en programmation par exemple : le langage « CONTACT ».

#### **III.3.2. Inconvénients :**

Parmi les inconvénients sont :

- Modèle de programmation cyclique.
- Mal adapté aux applications séquentielles complexes.

### **III.4. L'architecture d'un automate programmable :**

Un automate programmable se présente sous la forme d'un ensemble de cartes ou circuits imprimés sur les quels sont montés des composants électriques intégrés. La structure d'un automate ressemble étrangement à celle d'un micro-ordinateur. Comme chaque fabricant a sa propre conception, on peut difficilement donner une structure précise qui est valable pour tous les types d'automates.

Les éléments principaux que l'on rencontre toujours sont :

- Une unité de traitement (un processeur CPU),
- Une mémoire,
- Des modules d'entrées-sorties,
- Des interfaces d'entrées-sorties,
- Une alimentation 230 V, 50/60 Hz (AC) - 24 V (DC).

En règle générale, les automates sont conçues pour être modulaires. Notamment, le nombre d'entrées et de sorties peut être augmenté (dans la limite de la capacité de l'API) tous les éléments (unité centrale, alimentation, cartes d'entrées, cartes de sorties, etc.) s'encastrent dans un rack. Les racks sont constitués d'une structure métallique. Ceux-ci sont installés en générale à l'intérieur des armoires électriques. Il est possible d'utiliser plusieurs racks en fonction du nombre d'entrées/sorties à gérer.

La structure interne d'un automate programmable industriel (API) est assez voisine de celle d'un système informatique simple, l'unité centrale est le regroupement du processeur et de la mémoire centrale. Elle commande l'interprétation et l'exécution des instructions programme. Les instructions sont effectuées les unes après les autres, séquencées par une horloge. On distingue deux types de mémoires :

- La mémoire de Programme où est stocké le langage de programmation. Elle est en général figée, c'est à dire en lecture seulement (ROM : mémoire morte).
- La mémoire de données utilisable en lecture-écriture pendant le fonctionnement c'est la RAM (mémoire vive). Elle fait partie du système entrées-sorties. Elle fige les valeurs (0 ou 1) présentes sur les lignes d'entrées, à chaque prise en compte cyclique de celle-ci, elle mémorise les valeurs calculées à placer sur les sorties (*FigureIII.1*).[4]

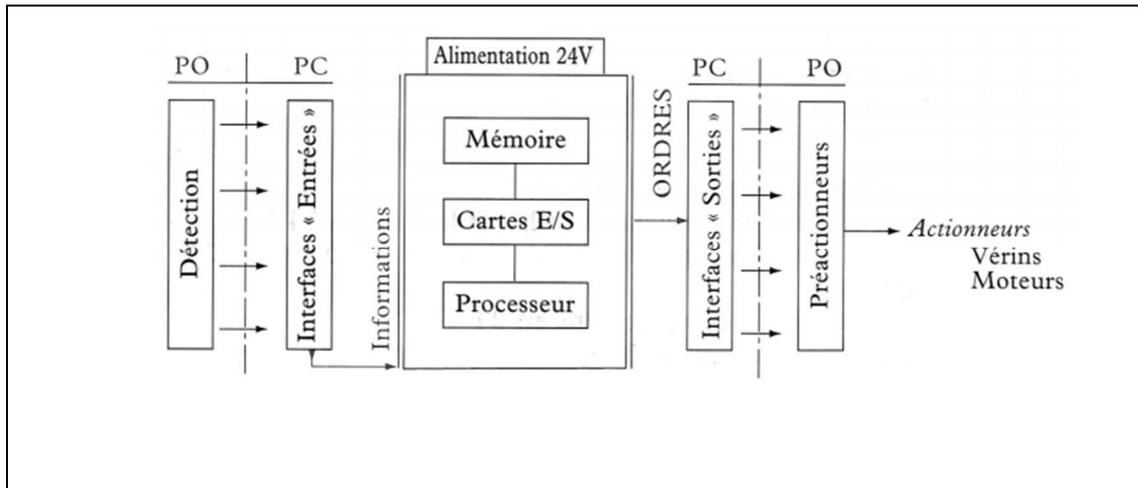


Figure III.1 : Structure interne d'un API.

### III.5 Traitement du programme automate :

Tous les automates fonctionnent selon le même mode opératoire :

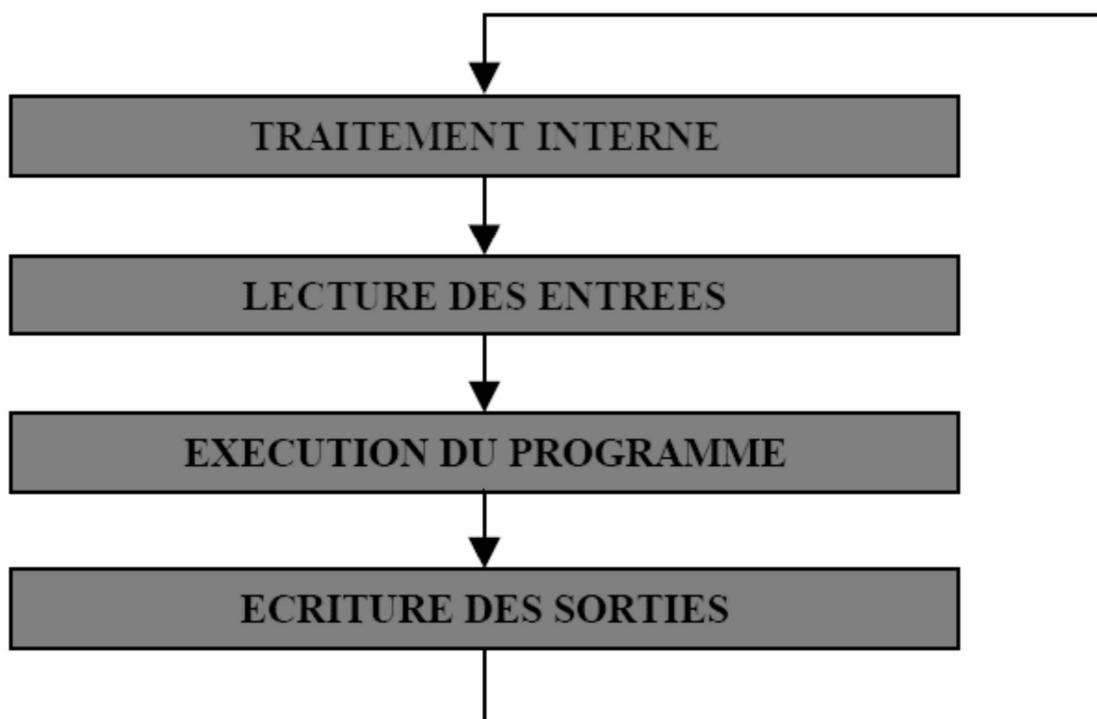


Figure III.2 : Fonctionnement cyclique d'un automate.

- **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.
  - **Ecriture 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)

### III.6. Critères de choix d'un API :

Le choix d'un automate programmable est en premier lieu le choix d'une société ou d'un groupe et les contacts commerciaux et expériences vécues sont déjà un point de départ.

Les grandes sociétés privilégieront deux fabricants pour faire jouer la concurrence et pouvoir 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.

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 ...). [5]

### III.7. Automate S7-1200 :

Les exigences pratiques et économiques de notre système nous poussent à choisir un automate compact SIEMENS S7-1200 de plus le fait d'avoir déjà étudié les automates de la marque SIEMENS pendant notre cursus universitaire et le fait qu'elle soit la marque la plus répandue nous conforte dans ce choix.



*Figure III.3* :L'Automate S7-1200 dans notre Armoire

Le contrôleur S7-1200 offre la souplesse et la puissance nécessaires pour commander une large gamme d'appareils afin de répondre aux 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 le programme chargé, la CPU contient la logique nécessaire au contrôle et à la commande des appareils dans l'application. La CPU surveille les entrées, et modifie les sorties conformément à la logique de programme, 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.[6]

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. (*Figure III.4*).

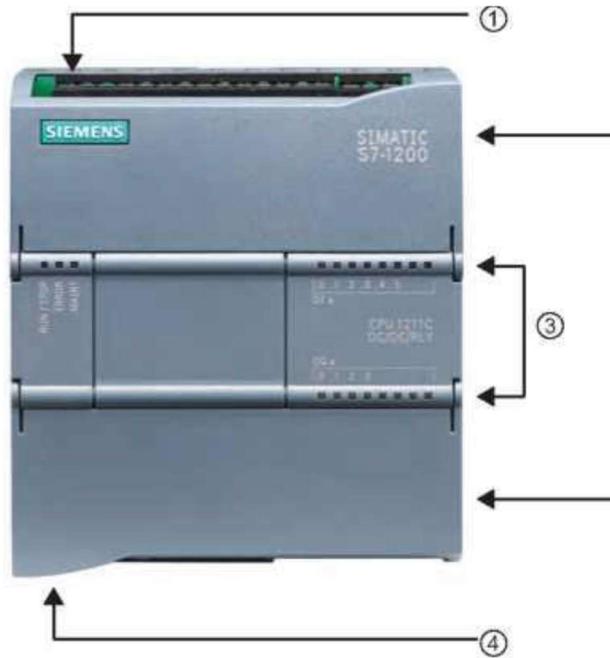


Figure III.4 : Vu de face de l'API SIEMENSE S7-1200

- 1- Prise d'alimentation
- 2-Logement pour carte mémoire sous le volet supérieur
- 3- Connecteurs amovibles pour le câblage utilisateur (derrière les volets)
- 4-DEL d'état pour les E/S intégrées
- 5- Connecteur PROFINET (sur la face inférieure de la CPU)

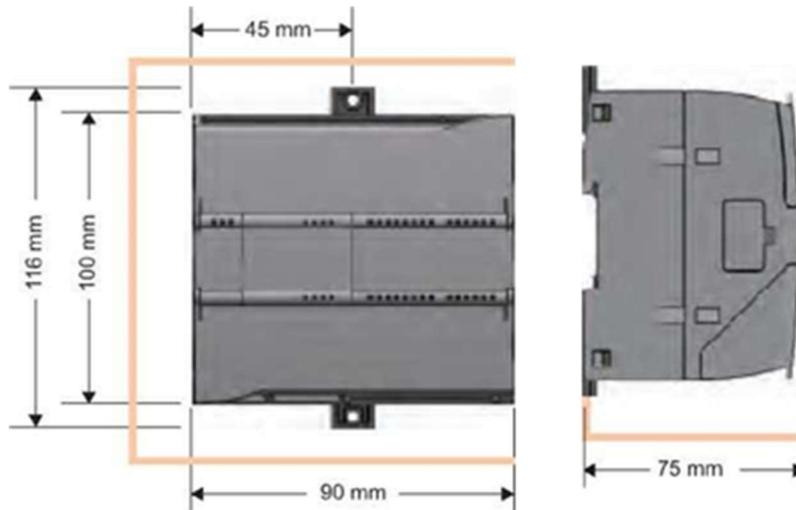


Figure III.5 : Dimensions de l'API SIEMENS S7-1200

**Caractéristiques CPU :**

Dimensions (mm)	130 x 100 x 75
<b>Mémoire utilisateur</b>	
Mémoire de travail	100 Ko
Mémoire de chargement	4 Mo
Mémoire de rémanente	10 Ko
<b>E/S intégrées locales</b>	
analogique	2 entrées/2 sorties
TOR	14 entrées/10 sorties
<b>Taille de la mémoire image</b>	
entrées	1024
sorties	1024
Mémentos (M)	8192 octets
Modules d'entrées-sorties (SM) pour extension	8
Signal Board (SB), BatteryBoard (BB) ou Communication Board (CB)	1
Module de communication (CM) (extension vers la gauche)	3
<b>Compteurs rapides</b>	
Total	6
Monophasé	3 à 100 kHz 3 à 30 kHz
Quadrature de phase	3 à 80 kHz 3 à 20 kHz
Sorties d'impulsions l	4
Carte mémoire	Carte mémoire SIMATIC (facultative)
Durée de conservation de l'horloge temps réel	20 jours, type. / 12 jours min. à 40 degrés C (super condensateur sans maintenance)
PROFINET	2 ports de communication Ethernet

**Tableau III.1** : Caractéristiques de l'API

Afin de combler le manque de ports d'entrées analogiques on ajoute un module d'extension SM 1231 permettant d'ajouter 4 ports d'entrées analogiques supplémentaires. (Voir figure III.6)



**Figure III.6 :** Module d'extension SM 1231

Pour les mêmes raisons précédentes on ajoute un second module d'extension pour les entrées numériques SM 1221 pour avoir 16 ports d'entrées numériques supplémentaires.



**Figure III.7 :** Module d'extension SM 1221



Sur TIA PORTAL on peut :

- Visualiser les projets déjà créés et les ouvrir.
- Créer un nouveau projet.
- Migrer un projet existant.
- Se mettre en ligne avec un automate de la gamme S7 ou un pupitre KTP et avoir accès audiagnostique. [7]

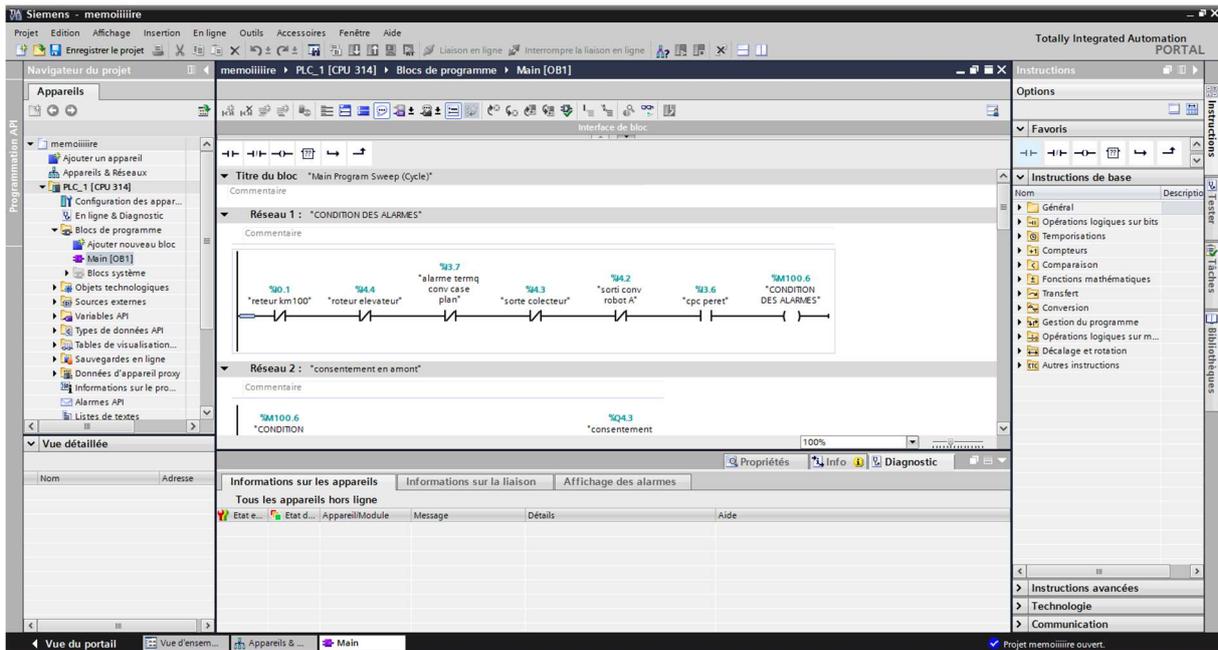


Figure III.9 : Vue générale de TIA Portal

### III.8.2 Langages de programmation :

Il existe plusieurs 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.

#### a. Langages littéraux :

- **Liste d'instructions (IL : Instruction List)** : Langage textuel de même nature que l'assembleur (programmation des microcontrôleurs). Très peu utilisé par les automaticiens.

```

IF %M0 THEN
  FOR %M0099 := 0 TO $1 DO
    IF %M00100 [%M0099] > 0 THEN
      %M0010 := %M00100 [%M0099];
      %M0011 := %M0099;
      %M1 := TRUE;
      EXT;          (*Sortie de la boucle FOR*)
    ELSE
      %M1 := FALSE;
    END_IF;
  END_FOR;
ELSE
  %M1 := FALSE;
END_IF;

```

Figure III.10. langage liste

- **Langage littéral structuré (ST : StructuredText)**

Langage informatique de même nature que le Pascal, il utilise les fonctions comme if ... then ... else ... (si ... alors ... sinon ...) Peu utilisé par les automaticiens.

```

! %L0 : LD      %I1.0
      ANDN    %M12
      OR (    %TM4.Q
      AND     %M17
      )
      AND     %I1.7
      ST      %Q2.5
! %L5 : LD      %I1.10
      ANDN    %Q2.9
      ANDN    %M27
      IN      %TM0
      LD      %TM0.Q
      AND     %M25
      AND     %M000.X5
      [%M0015 := %M0018+500]

```

Figure.III.11 : Langage littéral

### b. Langages graphiques

- **Langage à contacts (LD : Ladderdiagram) :** Langage graphique développé pour les électriciens. Il utilise les symboles tels que : contacts, relais et blocs fonctionnels et s'organise en réseaux (labels). C'est le plus utilisé (*Figure.III.12*).

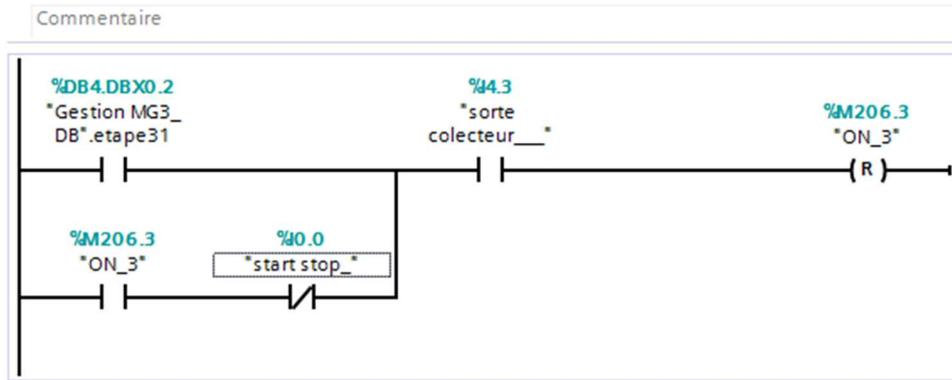


Figure.III.12 : Langage ladder

- **Blocs Fonctionnels (FBD : Function Bloc Diagram) :**

Langage graphique où des fonctions sont représentées par des rectangles avec les entrées à gauche et les sorties à droite. Les blocs sont programmés (bibliothèque) ou programmables. Utilisés par les automaticiens (*Figure.III.13.*).

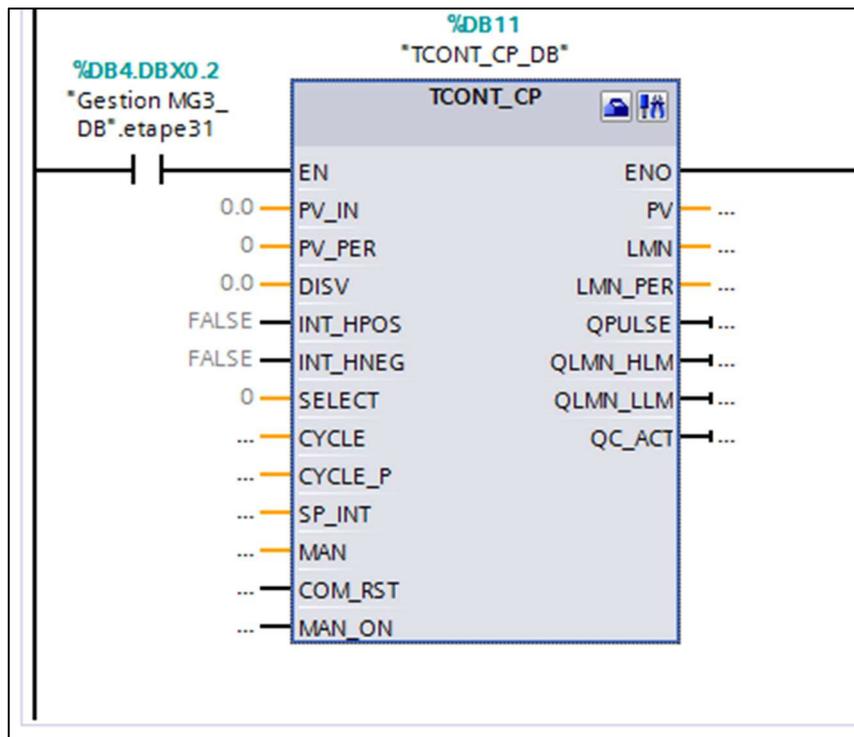
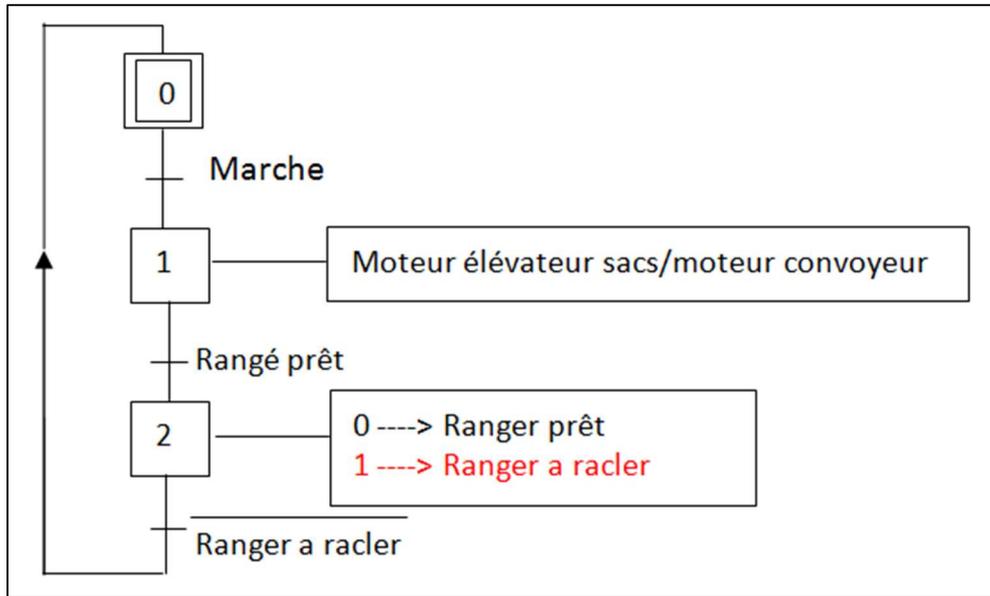


Figure.III.13 : Langage des blocs fonctionnels

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

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[14] (*Figure.III.14*).



*Figure.III.14* : Programmation GRAFCET

### III.9.Interface homme-machine (HMI) :

Les concepts d'automatisation modernes ont, sans cesse, des exigences croissantes en matière de visualisation des processus. Plus particulièrement, il est impératif que la conduite des processus au niveau machine fournisse une réponse adaptée aux besoins de simplicité et de performance. L'objectif est de présenter rapidement et de manière fiable, des données de processus immédiatement compréhensibles par l'opérateur, par exemple, sous la forme d'une courbe graphique. Il est donc indispensable d'archiver les données de processus dès le niveau machine, d'où l'indispensabilité des interfaces homme-machine.

Une interface homme-machine (HMI) est une interface qui permet une interaction entre un être humain et une machine.

Deux composants sont nécessaires dans une interface homme-machine. La première est une entrée, un utilisateur humain a besoin d'une certaine façon d'injecter des commandes à la machine, ou la régler. Des exemples de dispositifs d'entrée incluent des claviers, des clés, des commutateurs, des écrans tactiles et des souris. Tous ces dispositifs peuvent être utilisés pour envoyer des commandes à un système, ou même un ensemble interdépendant de systèmes.

L'interface nécessite également une sortie, ce qui permet à l'appareil de maintenir l'utilisateur humain mis à jour, sur l'état d'avancement des commandes ou à exécuter des commandes dans l'espace physique. Par exemple, les utilisateurs disposent d'un écran qui peut afficher des informations. Les sorties peuvent également comprendre des choses aussi simples que des voyants d'état qui alertent les gens.

Les SIMATIC Panels de Siemens font leurs preuves depuis des années dans les applications et les secteurs les plus divers. Ils possèdent non seulement un design innovant, mais offrent également des performances élevées. Avec une efficacité de l'ingénierie inégalée.

Les pupitres SIMATIC sont clairement structurés :

- Les SIMATIC HMI Basic Panels offrent des fonctions de base pour les applications HMI simples.
- Les SIMATIC HMI Confort Panels conviennent aux applications exigeantes.

### **III.10. Conclusion**

L'automate SIMATIC S7-1200 est modulaire et compact, polyvalent et constitue donc un investissement sûr et une solution parfaitement adaptée à une grande variété d'applications. Une conception modulaire et flexible, une interface de communication.

# Chapitre IV

## IV.1. Introduction :

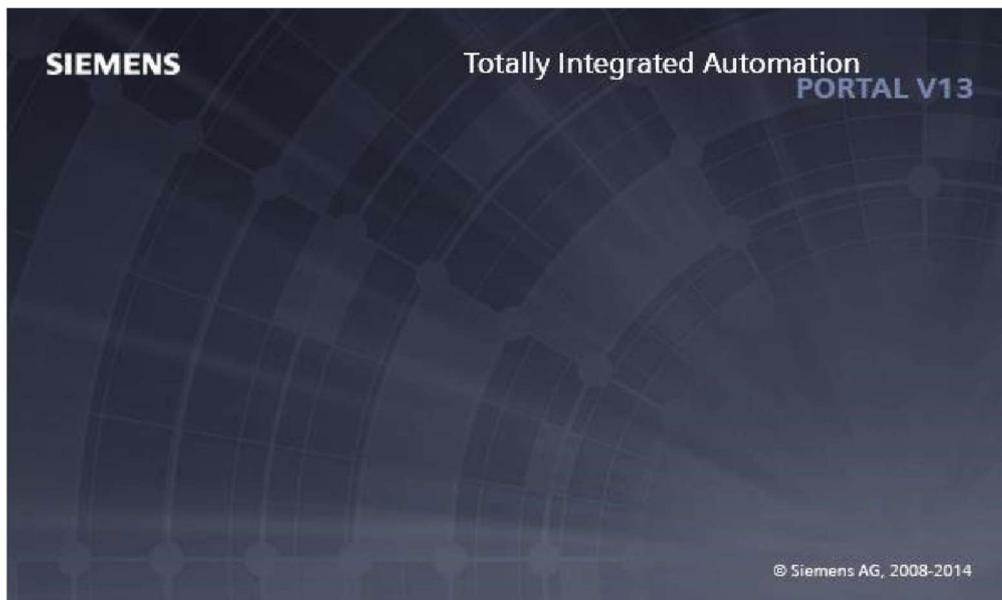
Pour identifier la station d'épuration des eaux usées de Hadjout, vous constaterez que le programme Implémentera des solutions d'automatisation avec un système intégré comprenant STEP7, SIMATIC WINCC et PLC SIM en concevant et en automatisant SIEMENS TIA PORTAL.

Dans ce chapitre, nous allons révéler à travers l'analyse fonctionnelle et la supervision des résultats de la programmation d'automatisation de notre système et de la simulation utilisée dans ce projet.

## IV.2. Logiciel de programmation « TIA Portal V13 » :

### IV.2.1 .Présentation du logiciel :

La plate-forme TIA (Totally Integrated Automation) Portal est la dernière évolution des logiciels de travail Siemens qui permet de mettre en œuvre des solutions d'automatisation avec un système d'ingénierie intégré, dans un seul logiciel cette plateforme regroupe la programmation des différents dispositifs d'une installation. On peut donc programmer et configurer, en plus de l'automate, les dispositifs HMI les variateurs... etc.



*FigureIV.1* : Logo de TIA PORTAL

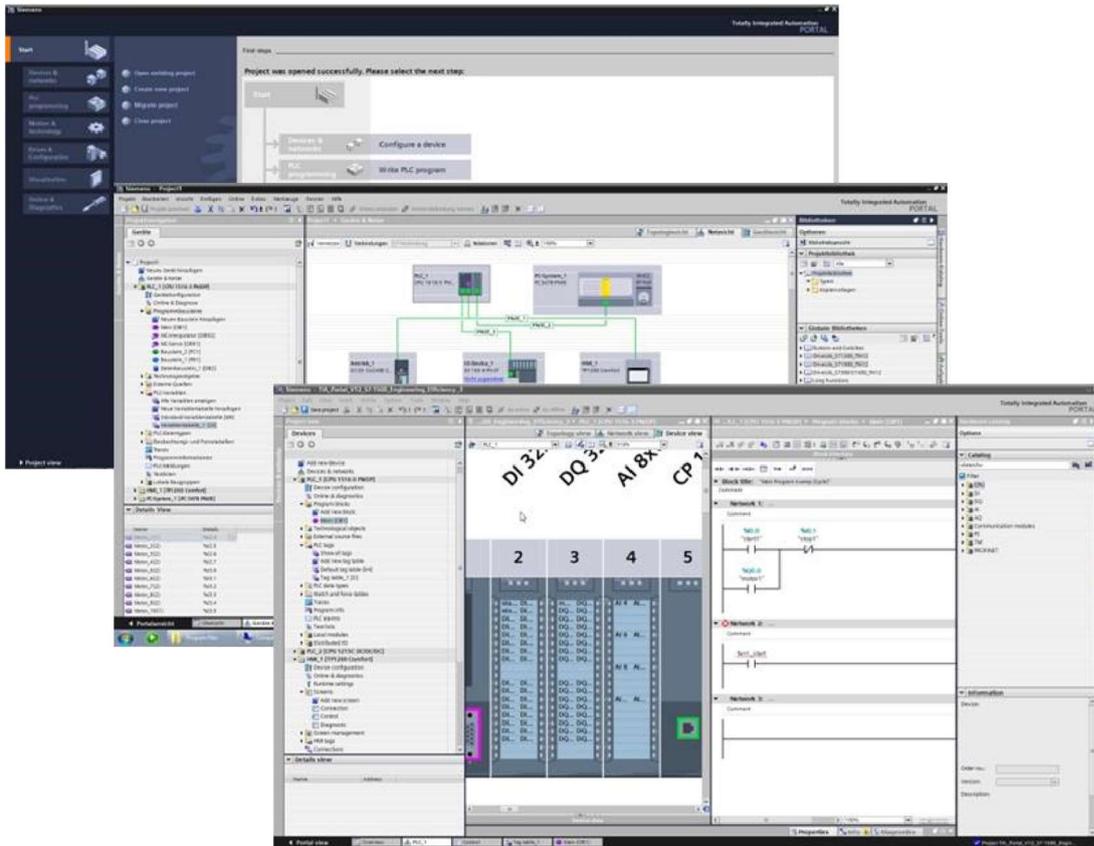
TIA Portal est un environnement d'automatisation unique permettant de configurer jusqu'aux processus de production les plus complexes de manière tout à fait simple, depuis

un écran d'ordinateur unique. Il permet la réalisation optimale de processus de planification et de production.

Grâce à sa présentation intuitive et à la navigation simple, la compréhension et la familiarisation des fonctions de programmation est très rapides. Divisé en « vue portail » pour guider intuitivement l'utilisateur à travers les différentes étapes de l'ingénierie et une « vue projet » qui procure un accès rapide aux outils pertinents TIA Portal aide ainsi les nouveaux utilisateurs comme les utilisateurs expérimentés à travailler de manière aussi productive que possible.

La conception des éditeurs logiciels du TIA Portal s'appuie sur une présentation commune et sur un concept de navigation commun. La configuration d'un matériel, la programmation logique, le paramétrage d'un variateur ou la conception d'une image IHM chaque environnement reprend le même design pour les éditeurs. Les fonctions, les caractéristiques et les bibliothèques sont affichées automatiquement dans leur vue la plus intuitive en fonction de l'activité souhaitée - pour tous les composants de sécurité également.

La configuration de l'ensemble de la partie matérielle et de sa mise en réseau s'effectue dans une vue graphique intégrale des appareils et du réseau. En effet, la mise en réseau du contrôleur, des IHM ou encore du PC et des entraînements s'effectue par simple configuration graphique des connexions. [8]



*Figure IV.2* : Différentes vues de TIA PORTAL

Dans le domaine des systèmes d'automatisation, les tâches d'ingénierie peuvent être simples ou extrêmement complexes. La programmation d'algorithmes performants nécessite souvent beaucoup de temps, les réutiliser devrait en revanche être simple et rapide. Un logiciel d'ingénierie idéal doit garantir l'interopérabilité.

Les résultats doivent pouvoir être réutilisés pour gagner du temps et assurer une qualité de projet maximale. Pour cela le logiciel TIA Portal intègre un bon nombre de fonctionnalités permettant de simplifier le travail de l'ingénieur et lui faire gagner du temps tout en augmentant sa productivité parmi ces fonctionnalités on peut citer :

- Intégration de l'API, de l'IHM, des entraînements et des fonctions de sécurité dans un environnement d'automatisation unique
- Bibliothèques permettant de réutiliser des composants d'un projet
- Diagnostic système intégré
- Fonctions Trace

- Intégration des fonctionnalités Motion
- Le régulateur PID intègre
- Références croisées sur l'ensemble du projet
- Simulation complète pour API et IHM

### **IV.2.2 .La conception d'un programme avec TIA PORTAL V13 :**

La stratégie à suivre pour faire la conception d'un programme en utilisant la plateforme TIA PORTAL V13 est : La création d'un nouveau projet

- **La configuration matérielle**
- **La compilation et le chargement de la configuration**
- **La création de la table des mnémoniques**
- **L'élaboration du programme**
- **La simulation avec le logiciel**
- **La visualisation d'état du programme (le test)**

La conception d'une solution d'automatisation se fait par deux alternatives, soit on commence par la programmation ou par la configuration matérielle, dans notre cas on a commencé par la configuration

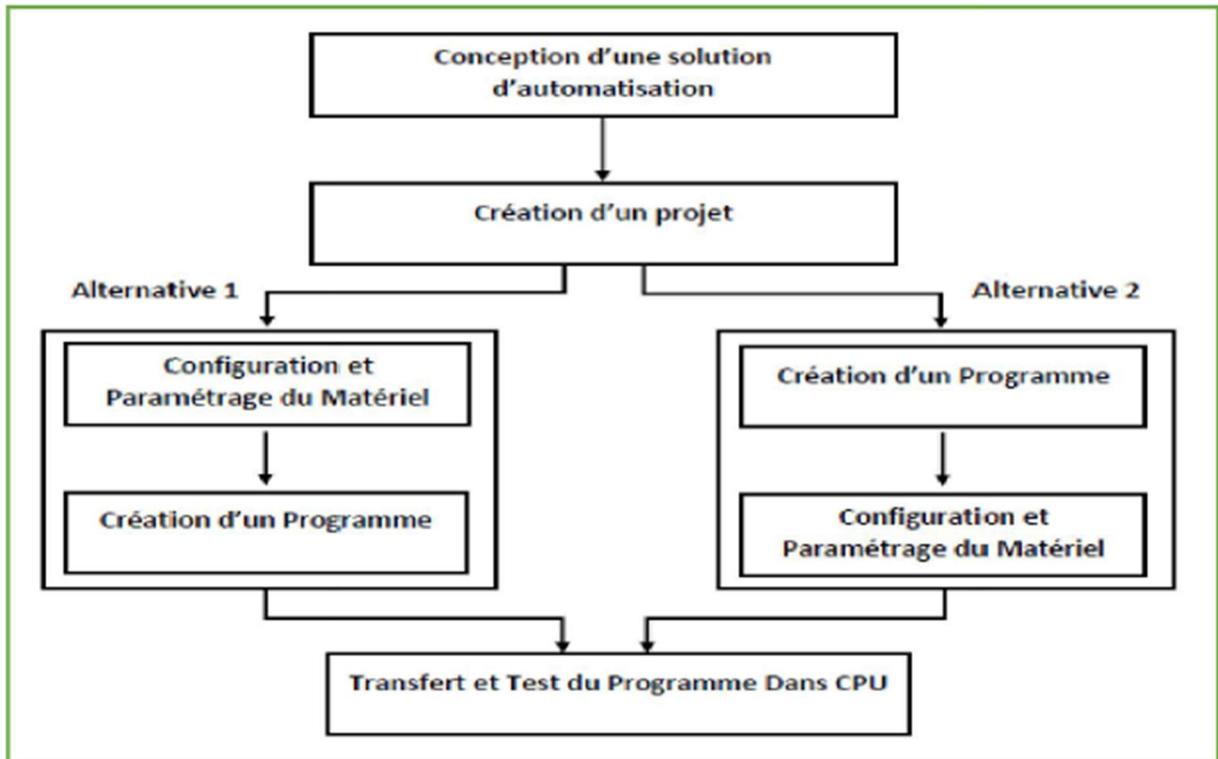


Figure IV.3 : Organisation pour la création d'un projet sous TIA PORTAL

### IV.2.3. Vue du portail

Chaque portail permet de traiter une catégorie de tâches (actions). La fenêtre affiche la liste des actions pouvant être réalisées pour la tâche sélectionnée

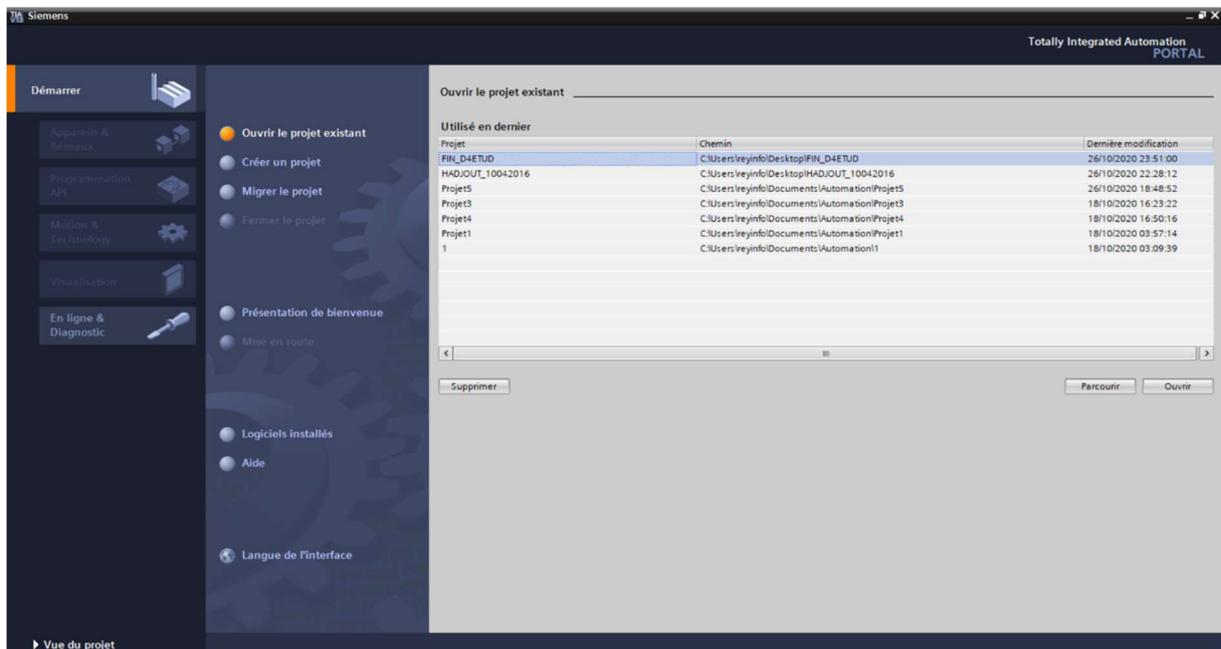


Figure IV.4 : Vue détaillée du portail

### IV.2.4. Vue du projet :

L'élément « Projet » contient l'ensemble des éléments et des données nécessaires pour mettre en œuvre la solution d'automatisation souhaitée.

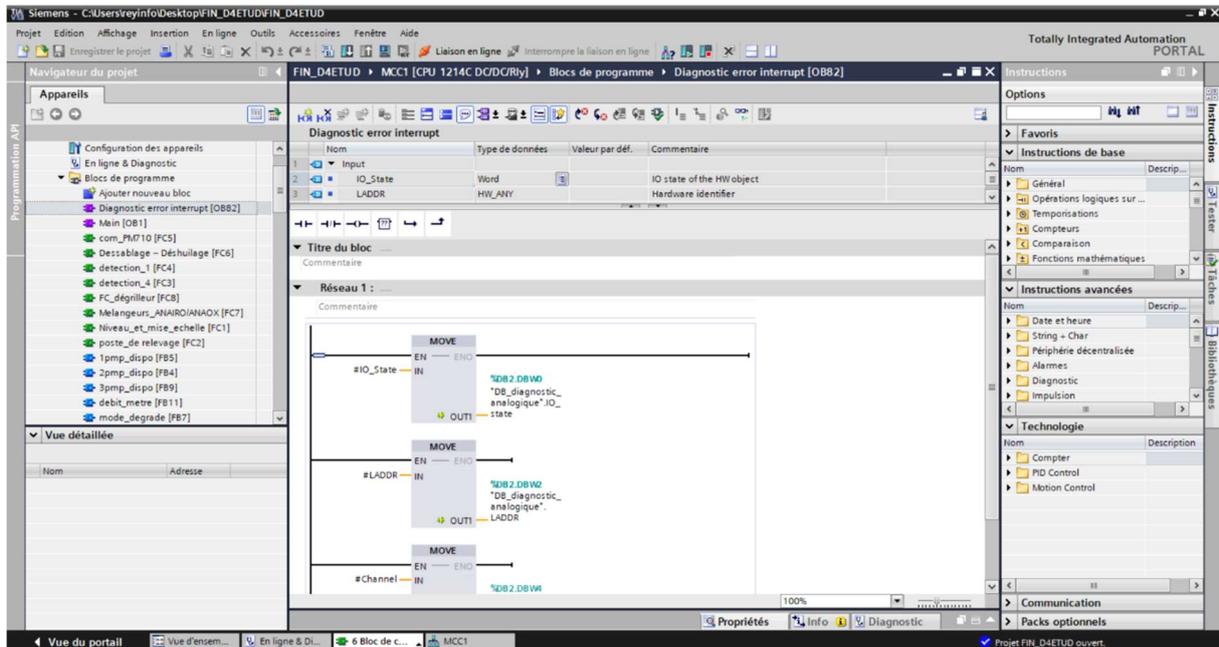


Figure IV.5: Vue détaillée du projet.

**La fenêtre de travail** permet de visualiser les objets sélectionnés dans le projet pour être traités. Il peut s'agir des composants matériels, des blocs de programme, des tables des variables, des HMI,...

**La fenêtre d'inspection** permet de visualiser des informations complémentaires sur un objet sélectionné ou sur les actions en cours d'exécution (propriété du matériel sélectionné, messages d'erreurs lors de la compilation des blocs de programme,...).

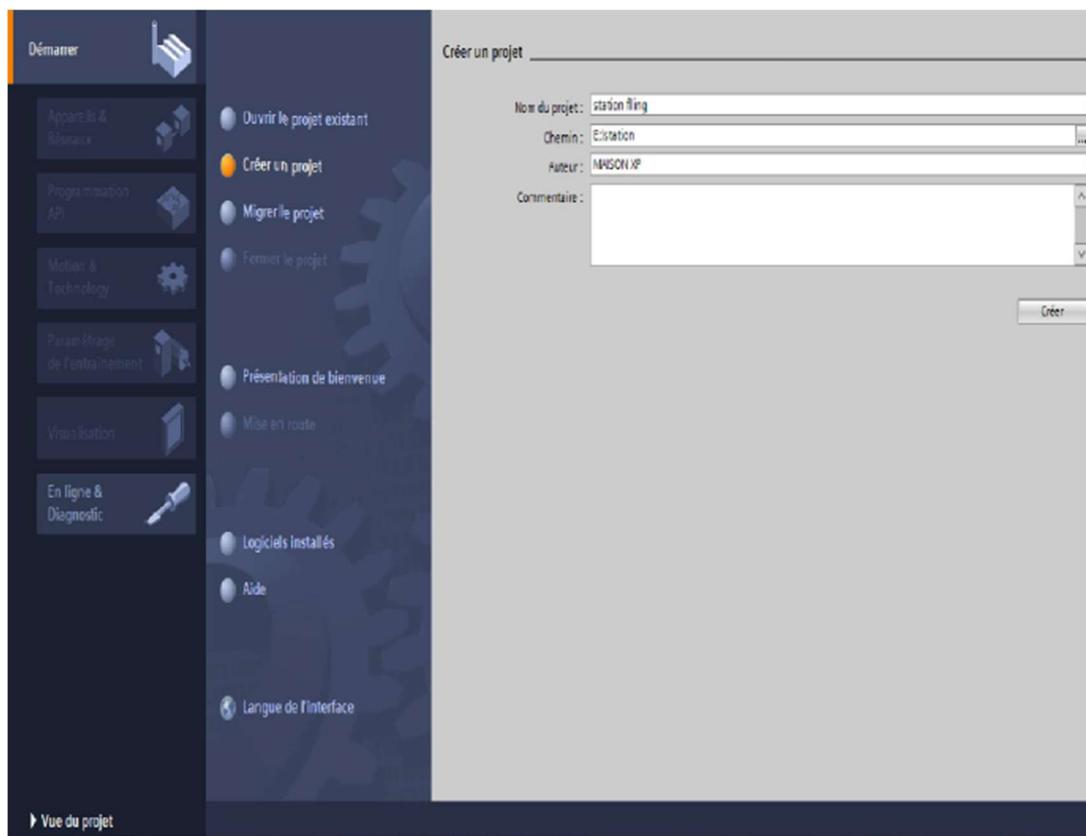
**Les onglets de sélection de tâches** ont un contenu qui varie en fonction de l'objet sélectionné (configuration matérielle ... bibliothèques des composants, bloc de programme ... instructions de programmation).

Cet environnement de travail contient énormément de données. Il est possible de masquer ou réduire certaines de ces fenêtres lorsqu'on ne les utilise pas. Il est également possible de redimensionner, réorganiser, désancrer les différentes fenêtres.

### IV.2.5. Création du projet dans *TIA PORTAL V13* :

Afin de créer un nouveau projet *TIA PORTAL V13*, nous utilisons « l'assistant de création de projet », en cliquant sur « créer un projet » ce qui nous permet de commencer la configuration, cette méthode nous permet de gérer notre projet aisément.

En sélectionnant l'icône « créer un projet », on affiche la fenêtre principale, on remplit les champs vides de notre fenêtre et on appuie sur le bouton « créer », la figure suivante représente la mise en route de notre projet



*Figure IV.6* : Mise en créer du projet

On passe à la deuxième étape en cliquant sur le bouton « appareils et réseaux » ce qui nous permet de choisir les appareils qui constitueront notre système.

Nous devons choisir un type d'automate PLC (programmable Logic Controller) et une interface homme machine IHM.

**II.2.5. Configuration et paramétrage du matériel :**

Une fois le projet créé, on peut configurer la station de travail. La première étape consiste à définir le matériel existant. Pour cela, on peut passer par la *vue du projet* et cliquer sur « ajouter un appareil » dans le navigateur du projet.

La liste des éléments que l'on peut ajouter apparaît (API, HMI, système PC). On commencera par faire le choix de notre CPU pour ensuite venir ajouter les modules complémentaires (alimentation, E/S TOR ou analogiques, module de communication AS-i,...).

Les modules complémentaires de l'API peuvent être ajoutés en utilisant le catalogue. Si l'on veut ajouter un écran ou un autre API, il faut repasser par la commande « ajouter un appareil » dans le navigateur du projet.

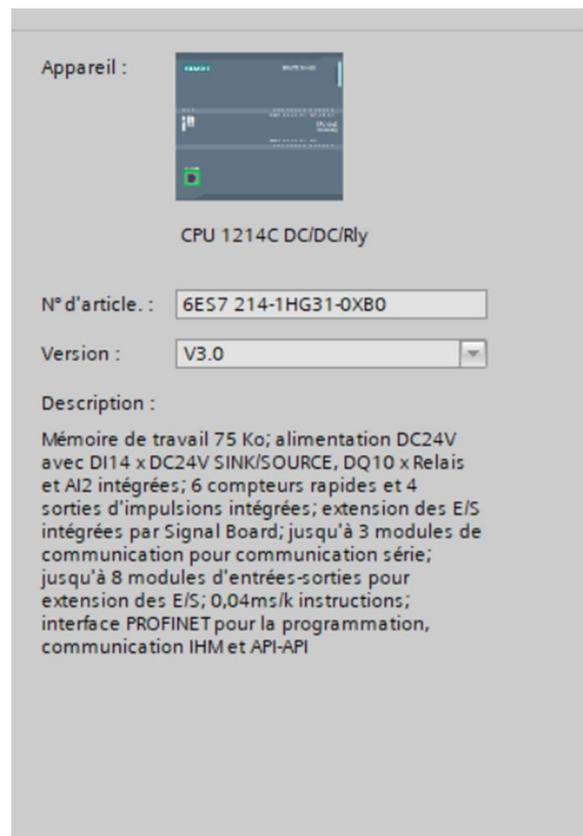
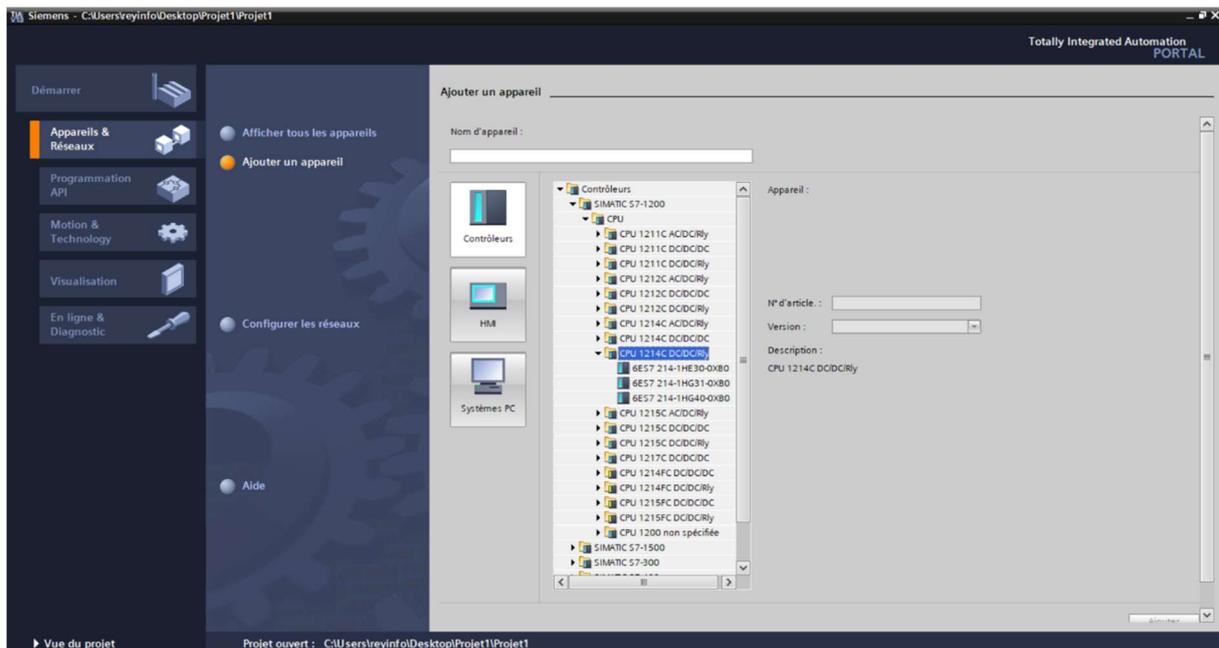


Figure IV.7 : Configuration d'un API

### IV.3 Les variables API :

### IV.3.1. Adresse symbolique et absolue

Dans TIA Portal, toutes les variables globales (entrées, sorties, mémentos,...) possèdent une **adresse symbolique** et une **adresse absolue**.

- L'**adresse absolue** représente l'identificateur d'opérande (I, Q, M,...) et son adresse et numéro de bit.
- L'**adresse symbolique** correspond au nom que l'utilisateur a donné à la variable (ex: Bouton\_Marche).

Bouton\_Marche).

Le lien entre les adresses symbolique et absolue se fait dans **la table des variables API**. Lors de la programmation, on peut choisir d'afficher les adresses absolues, symboliques ou encore les deux simultanément.

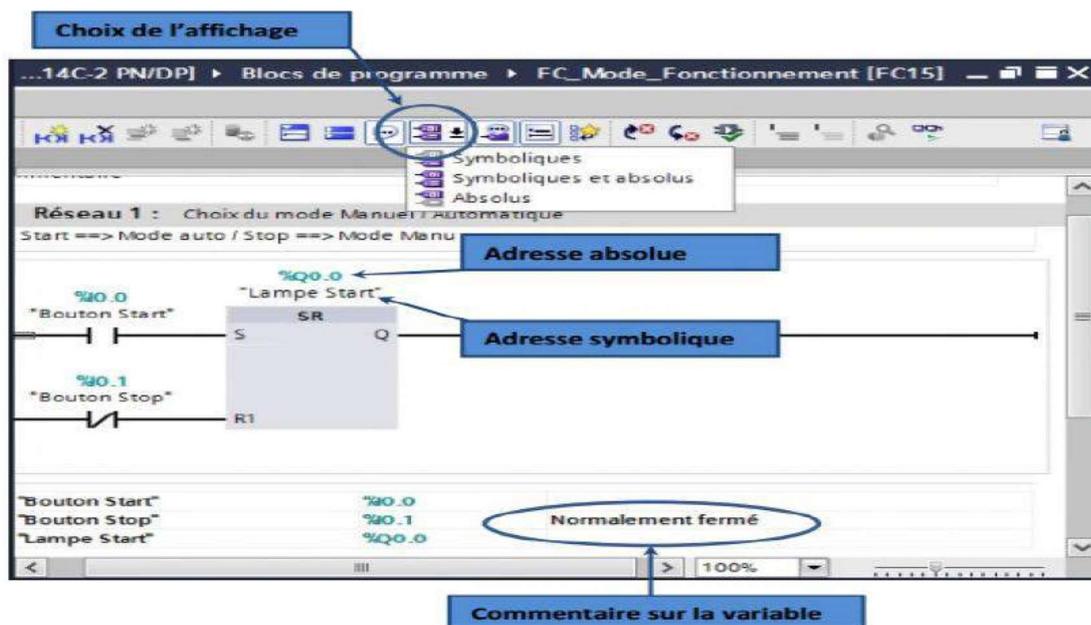


Figure IV.8 : Adresse et commentaire.

### IV.3.2. Table des variables API :

C'est dans la table des variables API que l'on va pouvoir déclarer toutes les variables et les constantes utilisées dans le programme.

Lorsque l'on définit une variable API, il faut définir :

Un nom : c'est l'adressage symbolique de la variable.

- Le type de donnée : BOOL, INT,...
- L'adresse absolue : par exemple Q1.5

On peut également insérer un commentaire qui nous renseigne sur cette variable. Le commentaire peut être visible dans chaque réseau utilisant cette variable.

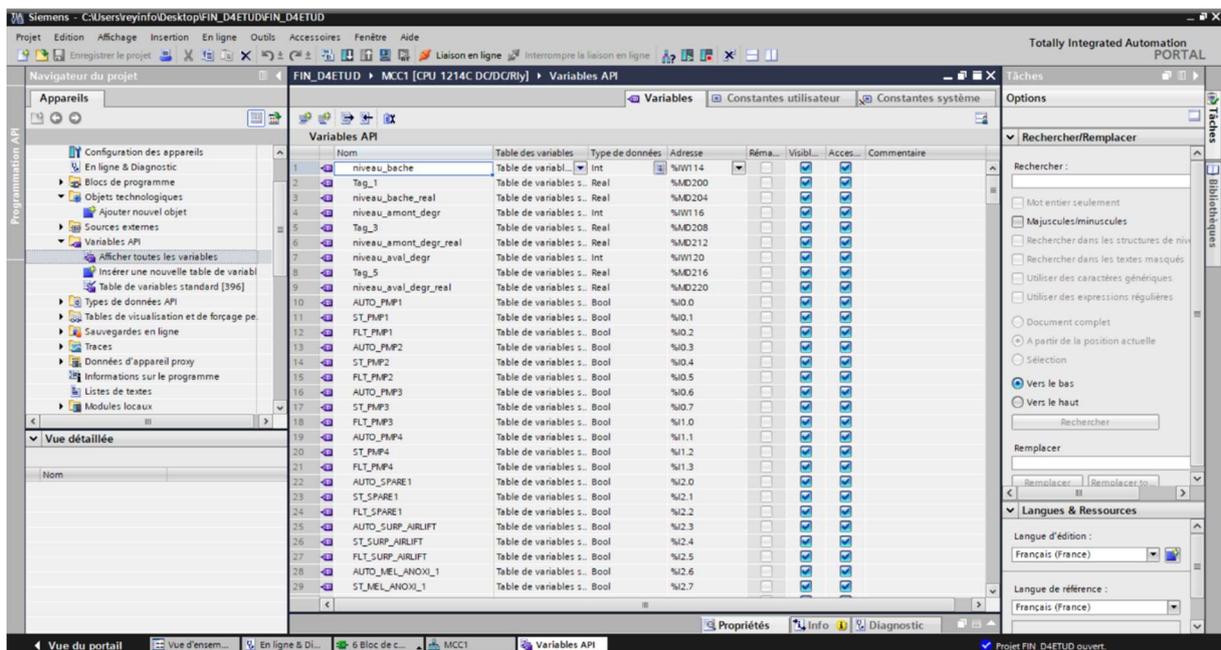


Figure IV.9 : Table des variables API.

## IV.4. Langage de programmation

Le TIA PORTAL met à disposition de puissants éditeurs pour la programmation des automates SIMATIC S7. Texte structuré (SCL), liste d'instruction (LIST), schéma à contacts (CONT) et logigramme (LOG) sont disponibles pour tous les automates l'utilisateur dispose d'outils intuitifs pour toutes ses tâches.

## IV.4.1 CONT et LOG – Langages de programmation graphiques

### IV.4.1.a. LOG

Le logigramme (LOG) est un langage de programmation graphique qui utilise les boîtes de l'algèbre de Boole pour représenter les opérations logiques. Les fonctions complexes, comme par exemple les fonctions mathématiques, peuvent être représentées directement combinées avec les boîtes logiques.

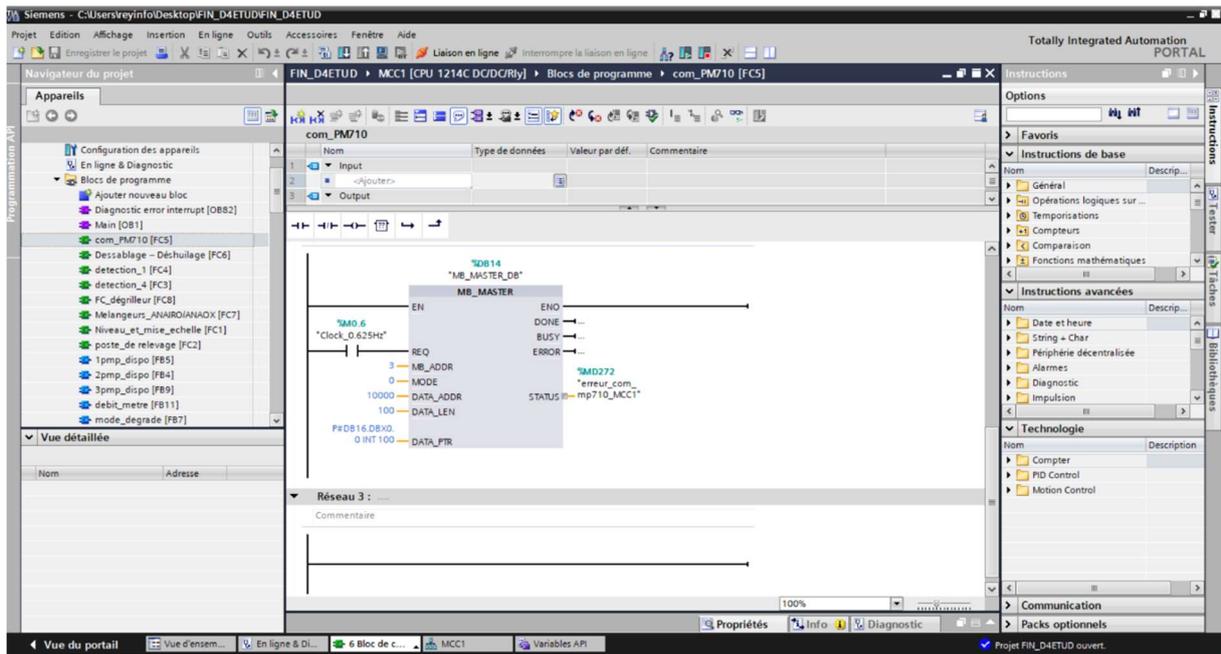


Figure IV.10 : Présentation d'un schéma logique(LOG).

### IV.4.1.b. CONT (Ladder) :

Le langage Ladder ou schéma à contacts est un langage de programmation graphique très populaire auprès des automaticiens, Il ressemble un peu aux schémas électriques, et est facilement compréhensible. Il existe 3 types d'éléments de langage :

Les entrées (ou contact), qui permettent de lire la valeur d'une variable booléenne. Les sorties (ou bobines) qui permettent d'écrire la valeur d'une variable booléenne. Les blocs fonctionnels qui permettent de réaliser des fonctions avancées,

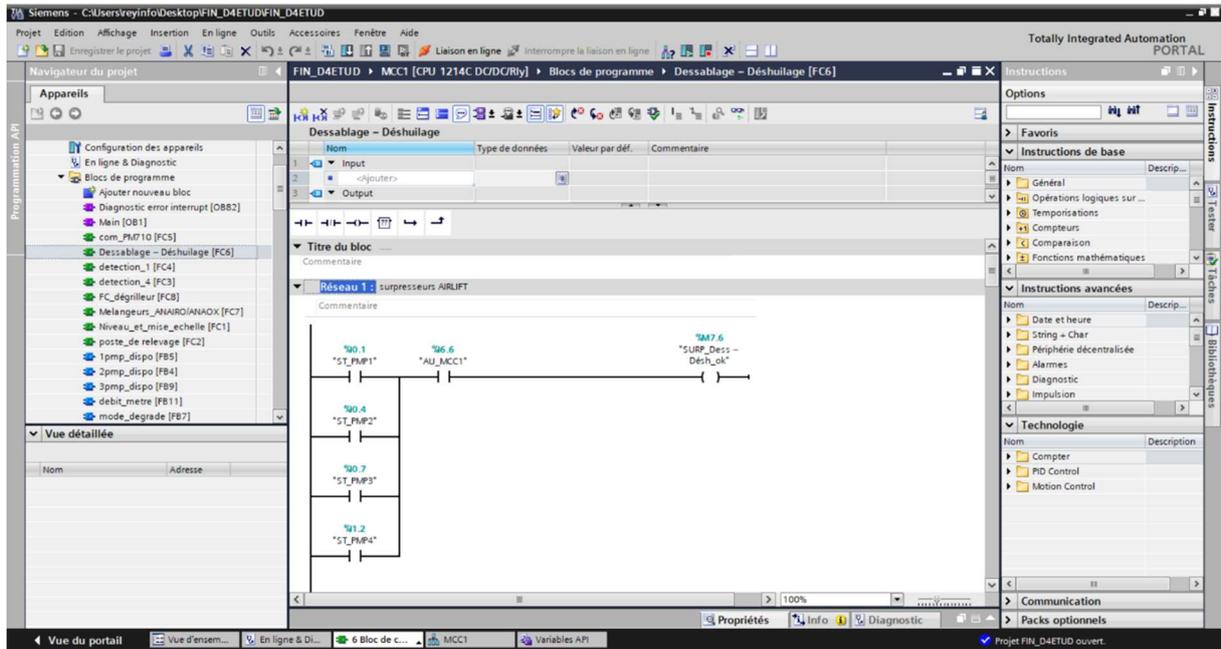


Figure IV.11 : Présentation d'un schéma à contacte(CONT).

### IV.4.2. Blocs de programme

L'automate met à disposition différents types de blocs qui contiennent le programme et les données correspondantes. Selon les exigences et la complexité du processus, il est possible de structurer le programme en différents blocs : OB, FB et FC.

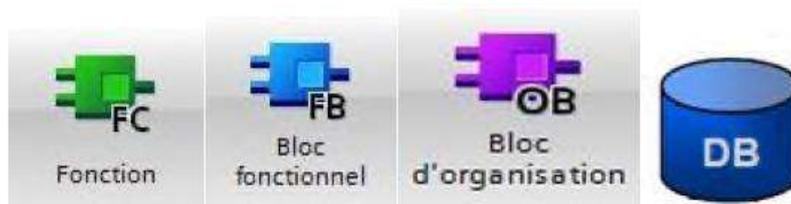


Figure IV.12 : Les différents blocs

- Les blocs d'organisation – OB sont appelés par le système d'exploitation en liaison avec les événements suivants :

Comportement au démarrage.

Exécution cyclique du programme.

Exécution du programme déclenchée par des alarmes (cyclique, processus, diagnostic,...).

Traitement des erreurs.

Pour que le traitement du programme démarre, le projet doit posséder au moins un OB cyclique (par exemple l'OB 1).

-Les fonctions – FC sont des blocs de code sans mémoire.

Les données des variables temporaires sont perdues après l'exécution de la fonction. Si on veut mémoriser ces données, il faut utiliser des opérandes globaux. Elles sont utilisées pour la programmation de fonctions utilisées plusieurs fois. On simplifie de ce fait la programmation.

-Les blocs fonctionnels – FB sont des blocs de code qui mémorisent durablement leurs paramètres d'entrée, de sortie et d'entrée/sortie dans des blocs de données d'instance afin qu'il soit possible d'y accéder même après le traitement de blocs.

\_Les blocs de donnée (DB) sont des zones données du programme utilisateur qui contiennent des données utilisateur.

### IV.4.3 Mémentos

Des mémentos sont utilisés pour l'opération interne de l'automate pour lesquelles l'émission d'un signal n'est pas nécessaire. Les mémentos sont des éléments électroniques bistables servant à mémoriser les états logiques "0" et "1". Chaque automate programmable dispose d'une grande quantité de mémentos. On programme ces derniers comme des sorties.

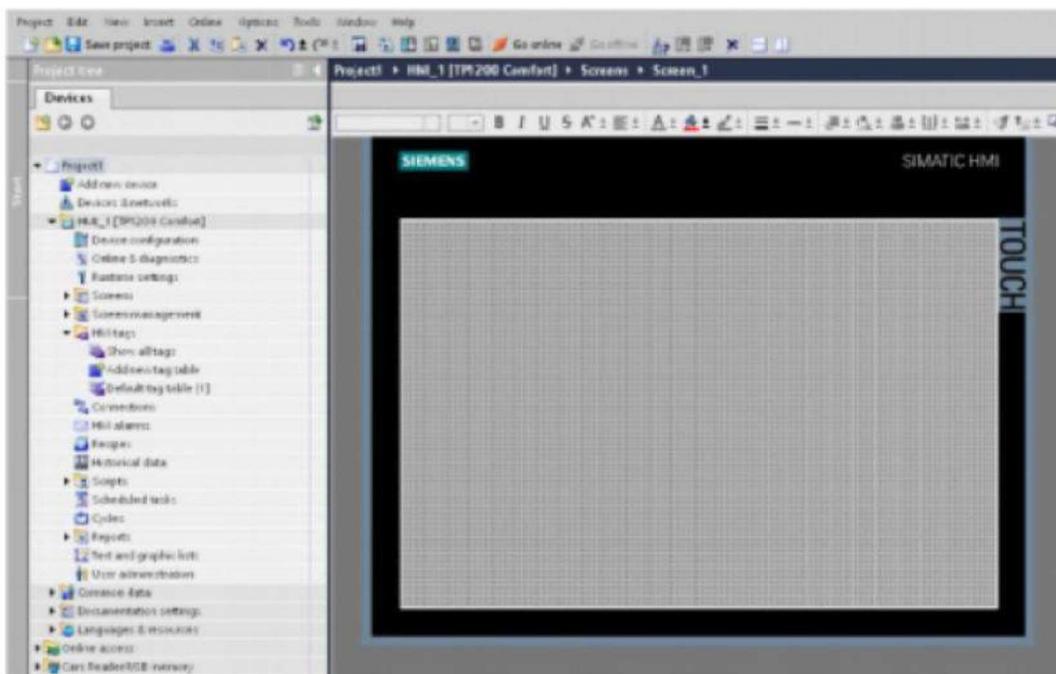
#### IV.4.4 Mnémonique

Les mnémoniques sont les noms que l'on attribue aux variables de l'API. L'emploi des mnémoniques améliore considérablement la lisibilité et la clarté d'un programme et aide à isoler des défauts éventuels.

#### IV.5 WINCC sur TIA PORTAL

WinCC, intégré au TIA Portal est le logiciel pour toutes les applications IHM – des simples solutions de commande par Basic Panels aux visualisations de process sur systèmes multipostes à base de PC.

Le SIMATIC WinCC dans le TIA Portal fait partie d'un nouveau concept d'ingénierie intégré qui offre un environnement d'ingénierie homogène pour la programmation et la configuration de solutions de commande, de visualisation et d'entraînement.[9]



*Figure IV.13* : Vue de WINCC.

## IV.6 Création du programme

### IV.6.1 Tableau des variables :

Dans tous programme il faut définir la liste des variables qui vont être utilisées lors de la programmation pour cela le tableau des variables est créé pour l'insérer des variables du système.

- **Avant de commencer la programmation on déclare d'abord toutes les variables avec lesquelles on va contrôler le système :**

The screenshot shows the Siemens TIA Portal interface with the 'Variables API' table open. The table contains the following data:

Nom	Table des variables	Type de données	Adresse	Réma...	Visibl...	Acces...	Commentaire
4	niveau_amont_degr	Table de variables s. Int	%I116				
5	Tag_3	Table de variables s. Real	%MD208				
6	niveau_amont_degr_real	Table de variables s. Real	%MD212				
7	niveau_aval_degr	Table de variables s. Int	%I120				
8	Tag_5	Table de variables s. Real	%MD216				
9	niveau_aval_degr_real	Table de variables s. Real	%MD220				
10	AUTO_PMP1	Table de variables s. Bool	%I0				
11	ST_PMP1	Table de variables s. Bool	%I0.1				
12	FLT_PMP1	Table de variables s. Bool	%I0.2				
13	AUTO_PMP2	Table de variables s. Bool	%I0.3				
14	ST_PMP2	Table de variables s. Bool	%I0.4				
15	FLT_PMP2	Table de variables s. Bool	%I0.5				
16	AUTO_PMP3	Table de variables s. Bool	%I0.6				
17	ST_PMP3	Table de variables s. Bool	%I0.7				
18	FLT_PMP3	Table de variables s. Bool	%I1.0				
19	AUTO_PMP4	Table de variables s. Bool	%I1.1				
20	ST_PMP4	Table de variables s. Bool	%I1.2				
21	FLT_PMP4	Table de variables s. Bool	%I1.3				
22	AUTO_SPARE1	Table de variables s. Bool	%I2.0				
23	ST_SPARE1	Table de variables s. Bool	%I2.1				
24	FLT_SPARE1	Table de variables s. Bool	%I2.2				
25	AUTO_SURP_AIRLIFT	Table de variables s. Bool	%I2.3				
26	ST_SURP_AIRLIFT	Table de variables s. Bool	%I2.4				
27	FLT_SURP_AIRLIFT	Table de variables s. Bool	%I2.5				
28	AUTO_MEL_ANOXI_1	Table de variables s. Bool	%I2.6				
29	ST_MEL_ANOXI_1	Table de variables s. Bool	%I2.7				
30	FLT_MEL_ANOXI_1	Table de variables s. Bool	%I3.0				
31	AUTO_MEL_ANOXI_2	Table de variables s. Bool	%I3.1				
32	ST_MEL_ANOXI_2	Table de variables s. Bool	%I3.2				

Nom	Table des variables	Type de données	Adresse	Réma...	Visibl...	Acces...	Commentaire
29	ST_MEL_ANOXI_1	Table de variables s.. Bool	%I2.7		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
30	FLT_MEL_ANOXI_1	Table de variables s.. Bool	%I3.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
31	AUTO_MEL_ANOXI_2	Table de variables s.. Bool	%I3.1		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
32	ST_MEL_ANOXI_2	Table de variables s.. Bool	%I3.2		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
33	FLT_MEL_ANOXI_2	Table de variables s.. Bool	%I3.3		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
34	AUTO_MEL_ANOXI_3	Table de variables s.. Bool	%I3.4		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
35	ST_MEL_ANOXI_3	Table de variables s.. Bool	%I3.5		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
36	FLT_MEL_ANOXI_3	Table de variables s.. Bool	%I3.6		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
37	AUTO_MEL_ANOXI_4	Table de variables s.. Bool	%I3.7		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
38	ST_MEL_ANOXI_4	Table de variables s.. Bool	%I5.4		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
39	FLT_MEL_ANOXI_4	Table de variables s.. Bool	%I5.5		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
40	AUTO_DEGRILLEUR	Table de variables s.. Bool	%I5.6		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
41	ST_DEGRILLEUR	Table de variables s.. Bool	%I5.7		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
42	FLT_DEGRILLEUR	Table de variables s.. Bool	%I4.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
43	AUTO_BAND_TRANSPORT	Table de variables s.. Bool	%I4.1		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
44	ST_BAND_TRANSPORT	Table de variables s.. Bool	%I4.2		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
45	FLT_BAND_TRANSPORT	Table de variables s.. Bool	%I4.3		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
46	AUTO_DESSABLEUR_GRPE_TOU...	Table de variables s.. Bool	%I4.4		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
47	ST_DESSABLEUR_GRPE_TOURN	Table de variables s.. Bool	%I4.5		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
48	FLT_DESSABLEUR_GRPE_TOURN	Table de variables s.. Bool	%I4.6		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
49	AUTO_SUP_AIR_DESHUIAGE	Table de variables s.. Bool	%I4.7		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
50	ST_SUP_AIR_DESHUIAGE	Table de variables s.. Bool	%I5.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
51	FLT_SUP_AIR_DESHUIAGE	Table de variables s.. Bool	%I5.1		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
52	AUTO_CALIBREUR_SABLE	Table de variables s.. Bool	%I5.2		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
53	ST_CALIBREUR_SABLE	Table de variables s.. Bool	%I5.3		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
54	FLT_CALIBREUR_SABLE	Table de variables s.. Bool	%I7.4		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
55	AUTO_MEL_ANAIRO_1	Table de variables s.. Bool	%I7.5		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
56	ST_MEL_ANAIRO_1	Table de variables s.. Bool	%I7.6		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
57	FLT_MEL_ANAIRO_1	Table de variables s.. Bool	%I7.7		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figure IV.14 : Table de variable E/S(mnémonique)

IV.6.2 Programmation de l'automate :

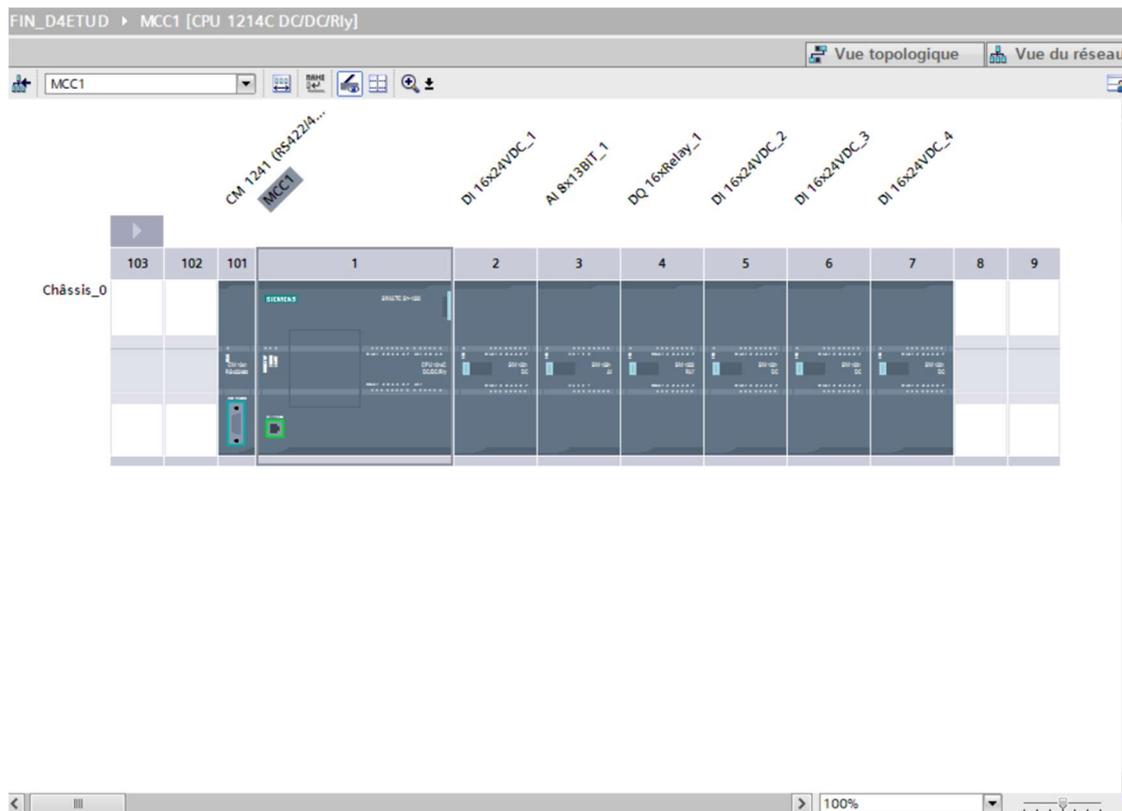


Figure IV.15 : Programmation de l'automate

Une fois la configuration matérielle faite, nous arriverons sur la vue du projet. La vue du projet 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. Cette vue est composée de plusieurs champs de travail et de menu offrant une multitude d'option permettant de réaliser les programme les plus complets possibles.

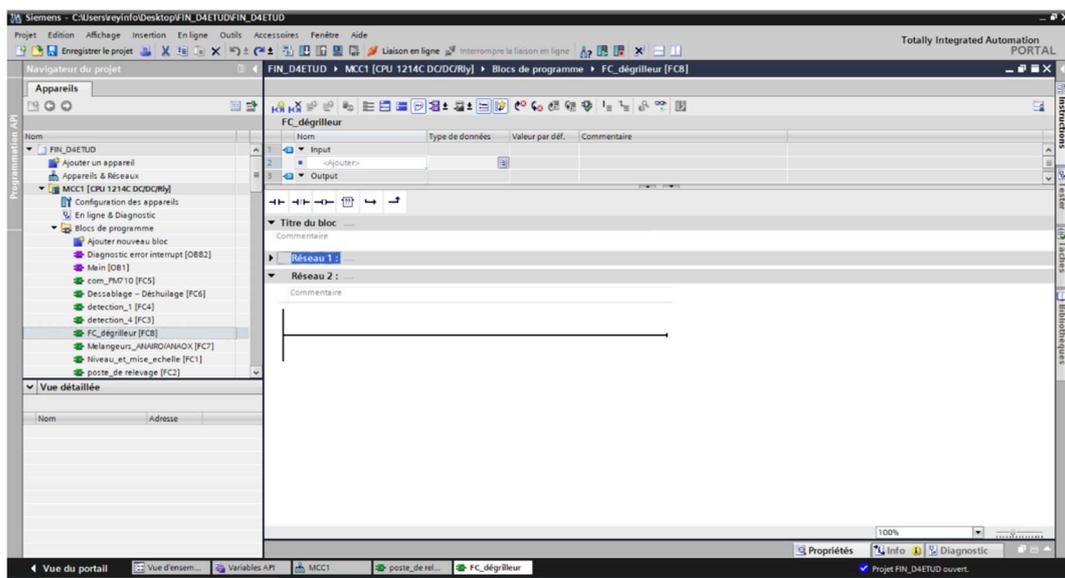


Figure IV.16 : La vue projet de TIA PORTAL

A gauche de l'écran, un menu de navigation contient l'ensemble des éléments et des données nécessaires pour mettre en oeuvre la solution d'automatisation souhaitée.

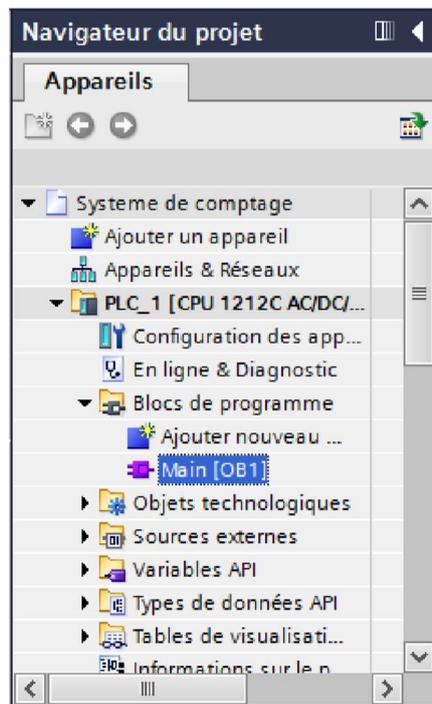


Figure IV.17 : Menu de navigation du projet de TIA PORTAL

Au centre de l'écran une fenêtre de travail permet de visualiser les objets sélectionnés dans le projet pour être traités. Il peut s'agir des composants matériels, des blocs de programme, des tables des variables, des HMI,...

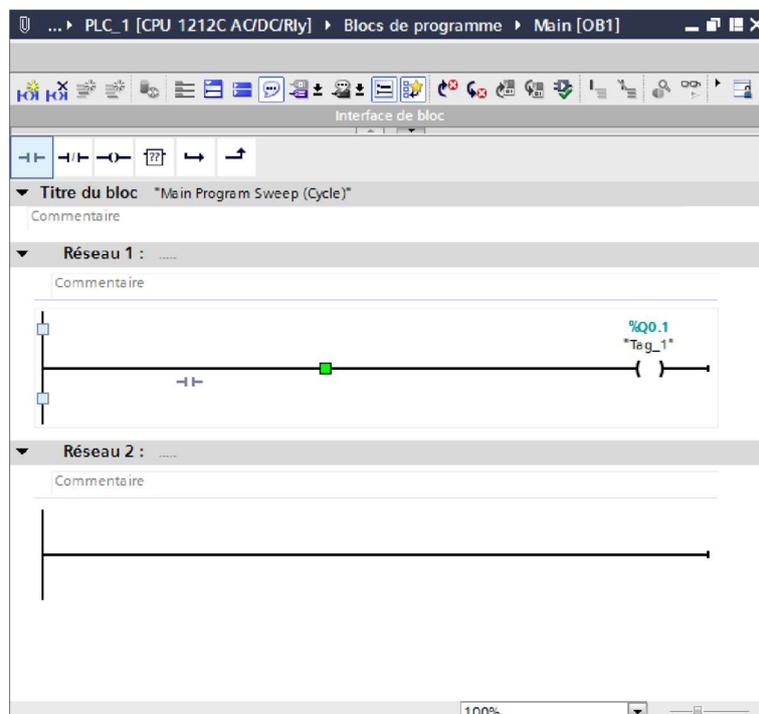
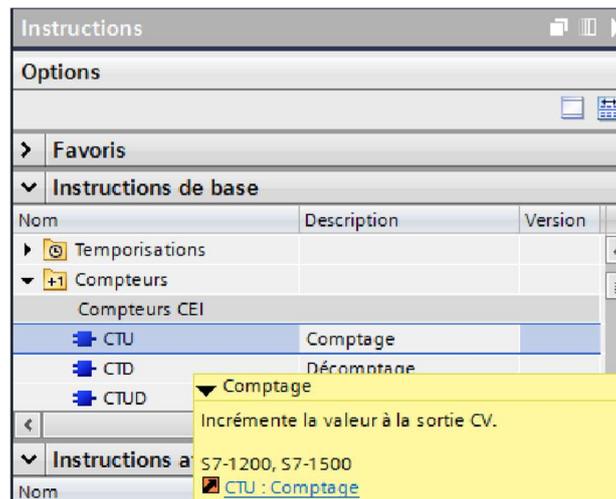


Figure IV.18: Fenêtre de travail de TIA PORTAL

Les onglets de sélection de tâches se trouvant à gauche de l'écran ont un contenu qui varie en fonction de l'objet sélectionné (configuration matérielle, bibliothèques des composants, bloc de programme, instructions de programmation). C'est dans cet onglet qu'on va piocher les différentes instructions et bloc de programme dont on aura besoin pour réaliser notre programme.



*Figure IV.19:* Onglet de sélection des tâches et instructions de TIA PORTAL

En utilisant les instructions disponibles dans cet onglet nous allons pouvoir programmer notre système de comptage automatisé en plusieurs parties comme décrit précédemment.

Le programme de la commande de système est en langage contact dans 7 réseaux, chaque réseau présente une séquence.

Il Contient les réseaux suivants :

- Les réseaux de poste de relevage :

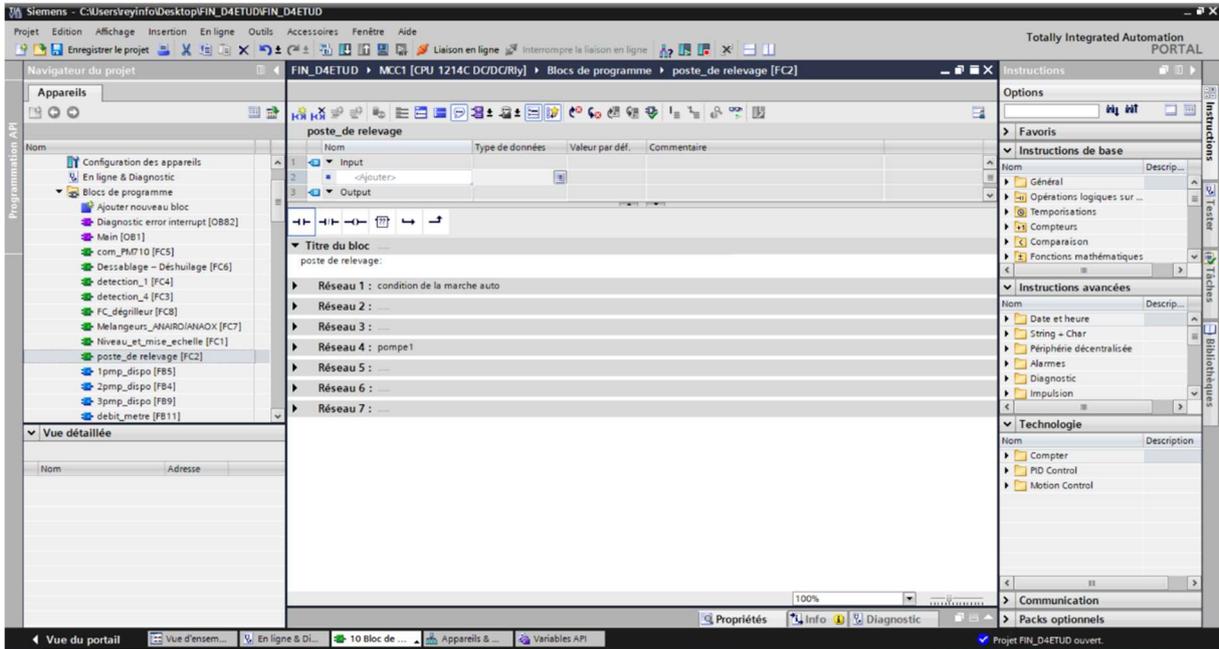


Figure IV.20 : Bloc FB1

Réseau 1 :

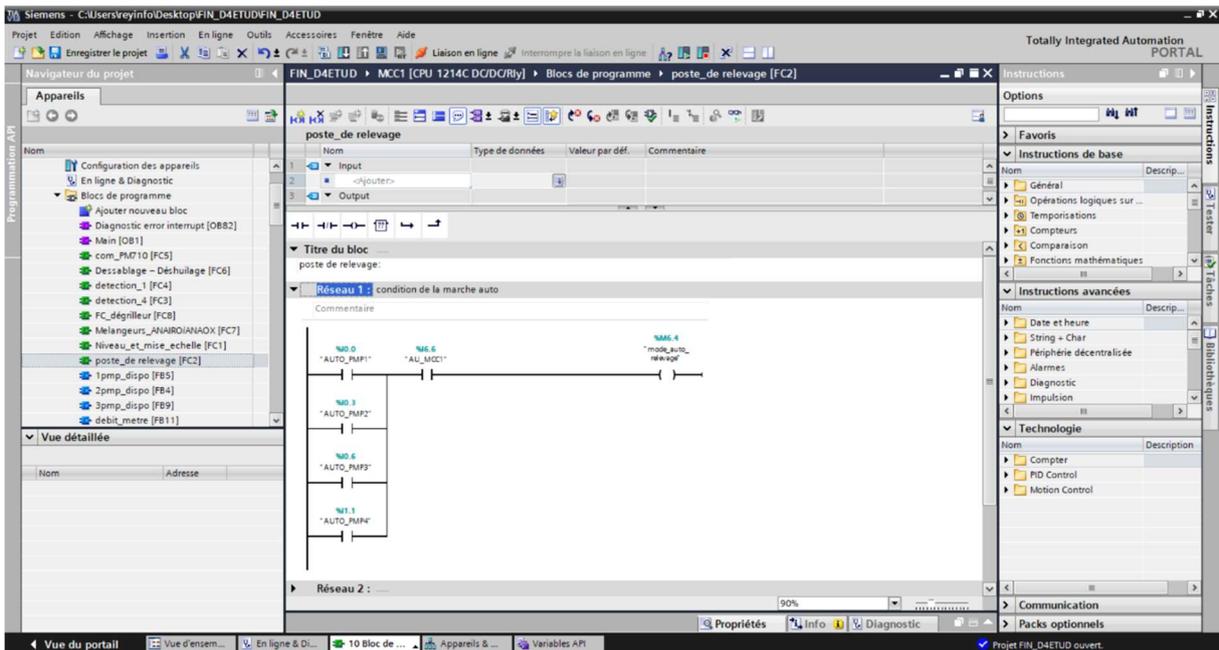


Figure IV.21 : Réseau 1 de poste de relevage

Réseau 2:

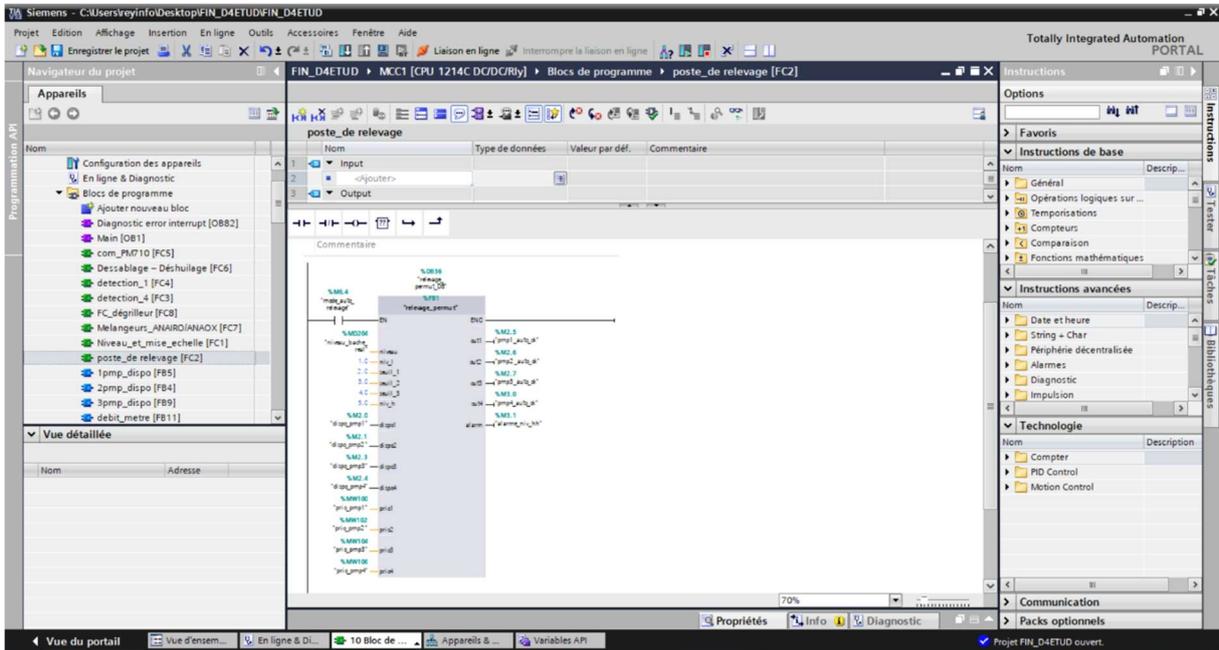


Figure IV.22 : Réseau 2 de poste de relevage

Réseau 3:

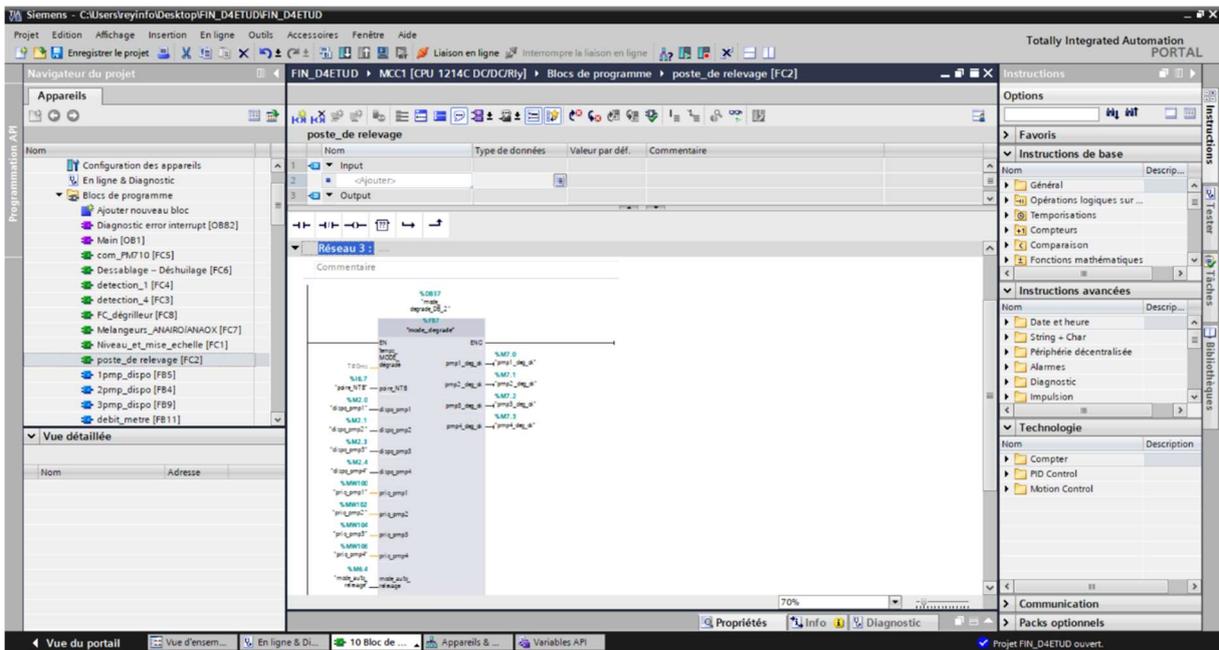


Figure IV.23: Réseau 3 de poste de relevage



Réseau 6:

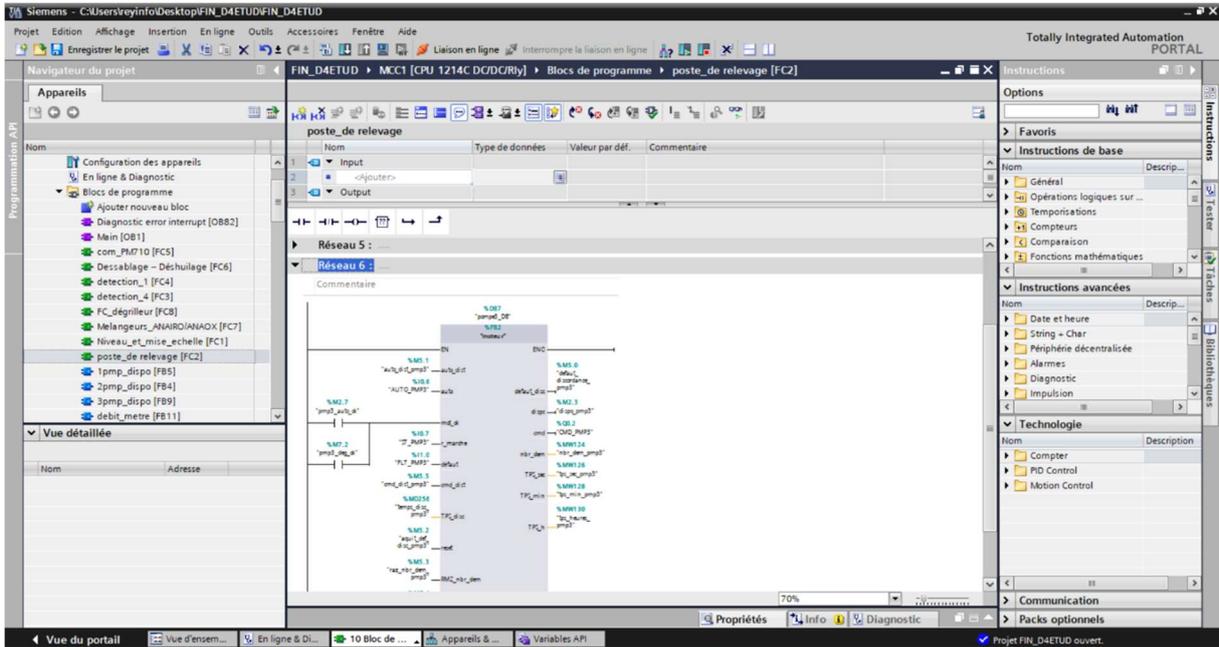


Figure IV.26 : Réseau 6 de poste de relevage

Réseau 7:

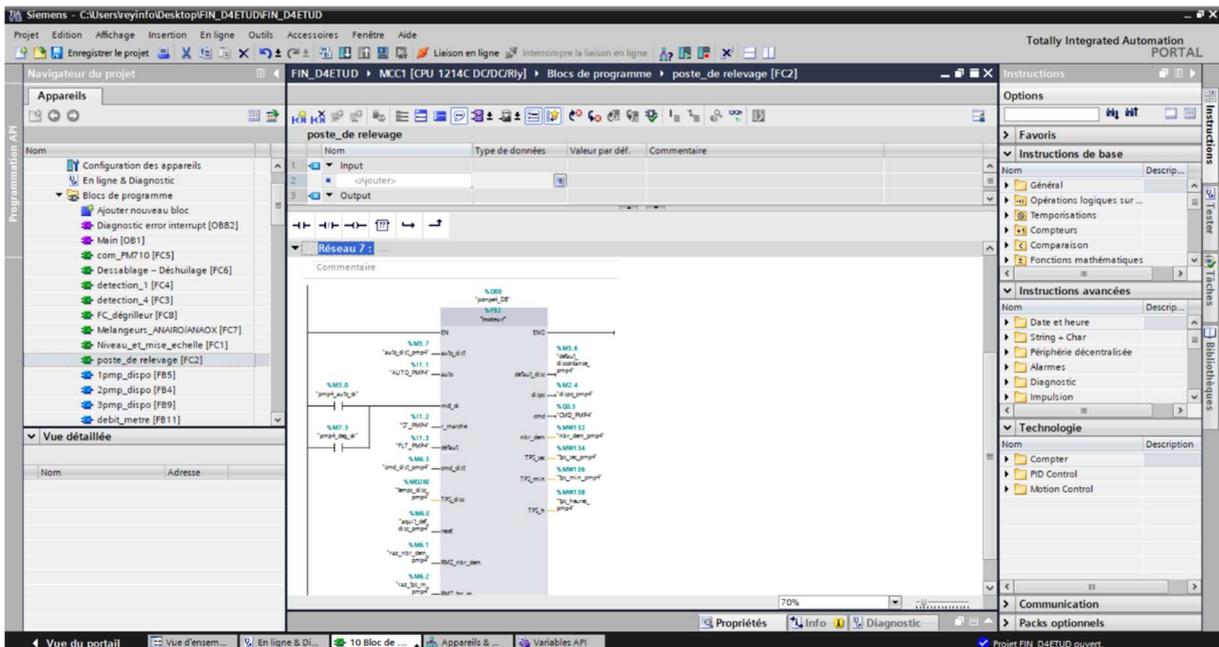


Figure IV.27 : Réseau 7 de poste de relevage

- Le réseau de degrileur :

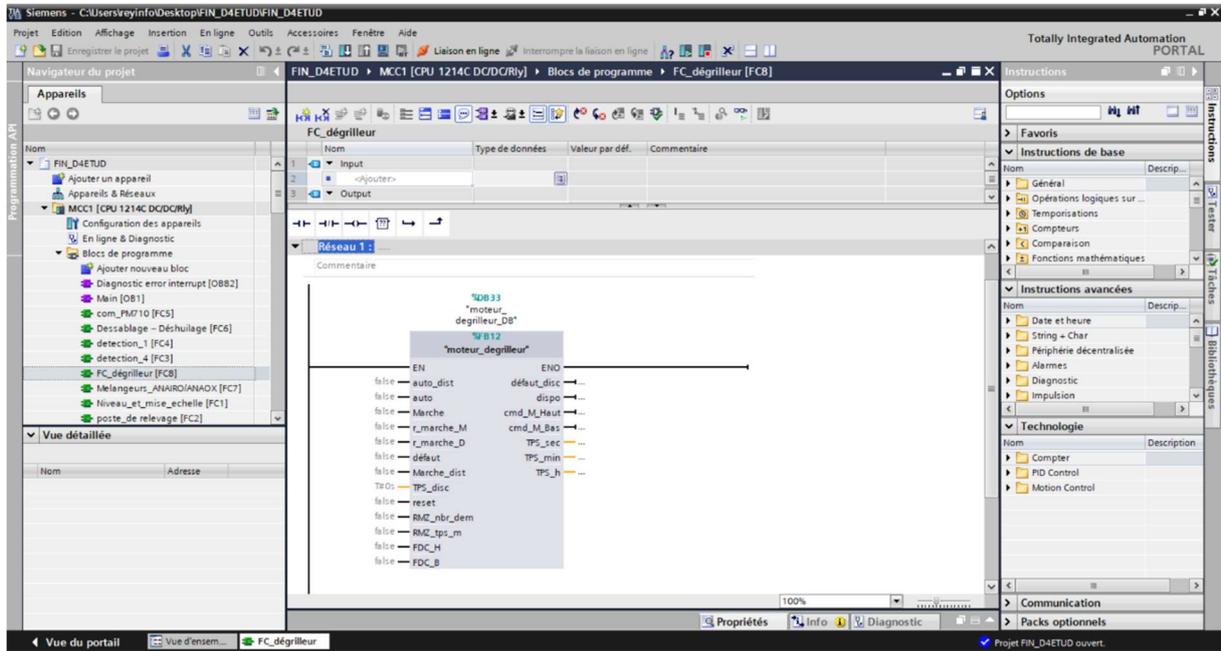


Figure IV.28 : Réseau de degrileur

- Les réseaux dessableur/déshuileur :
- Reseau1 :

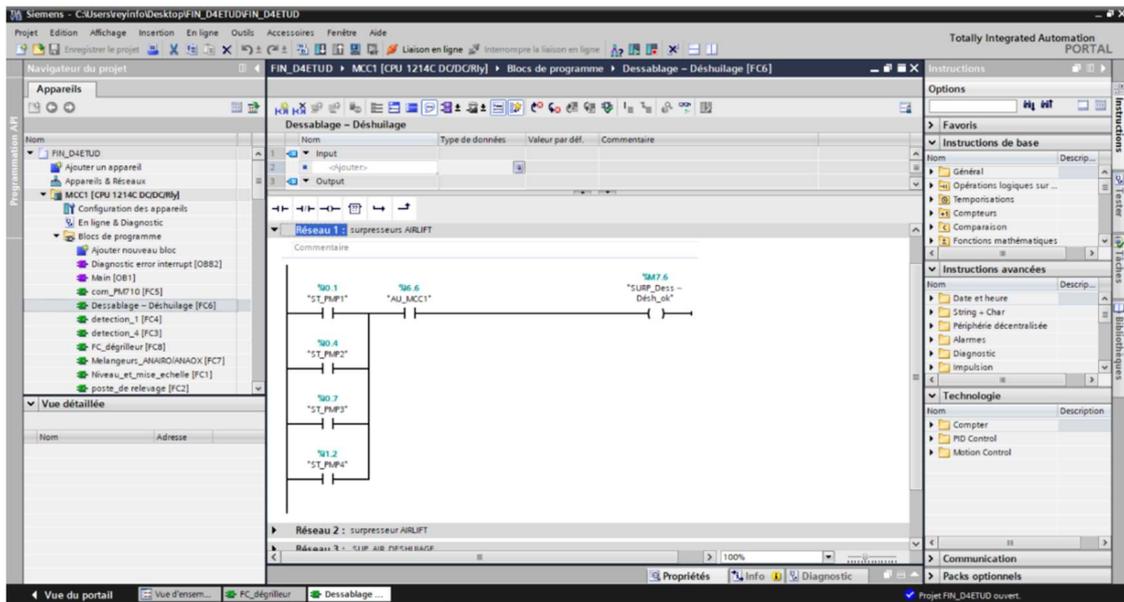


Figure IV.29 : Réseau 1 de dessableur/déshuileur

Reseau2 :

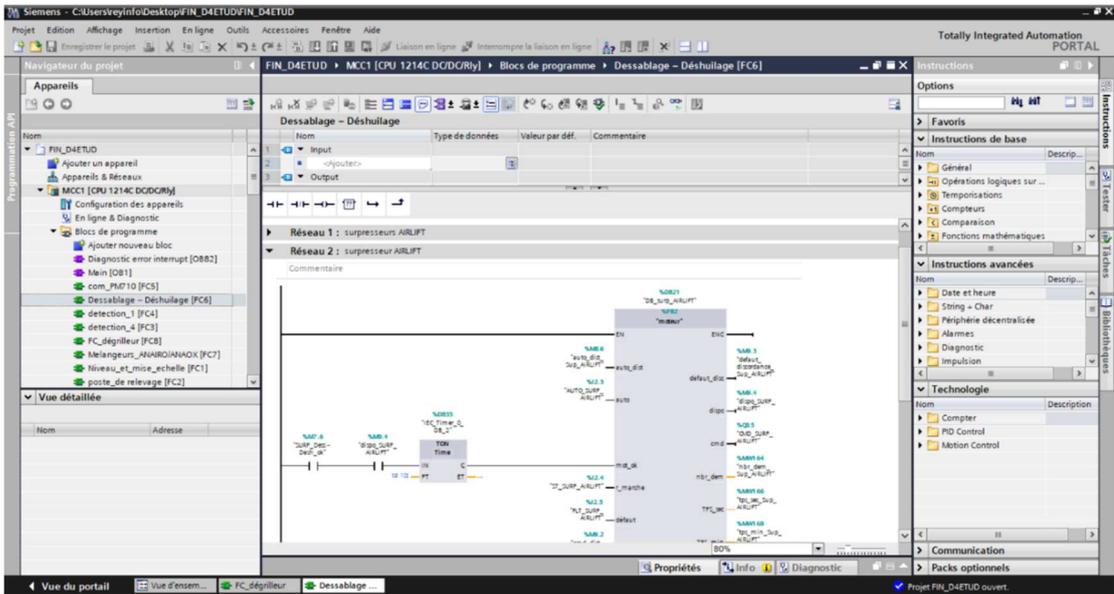


Figure IV.30 : Réseau 2 de dessableur/déshuilleur

Reseau3 :

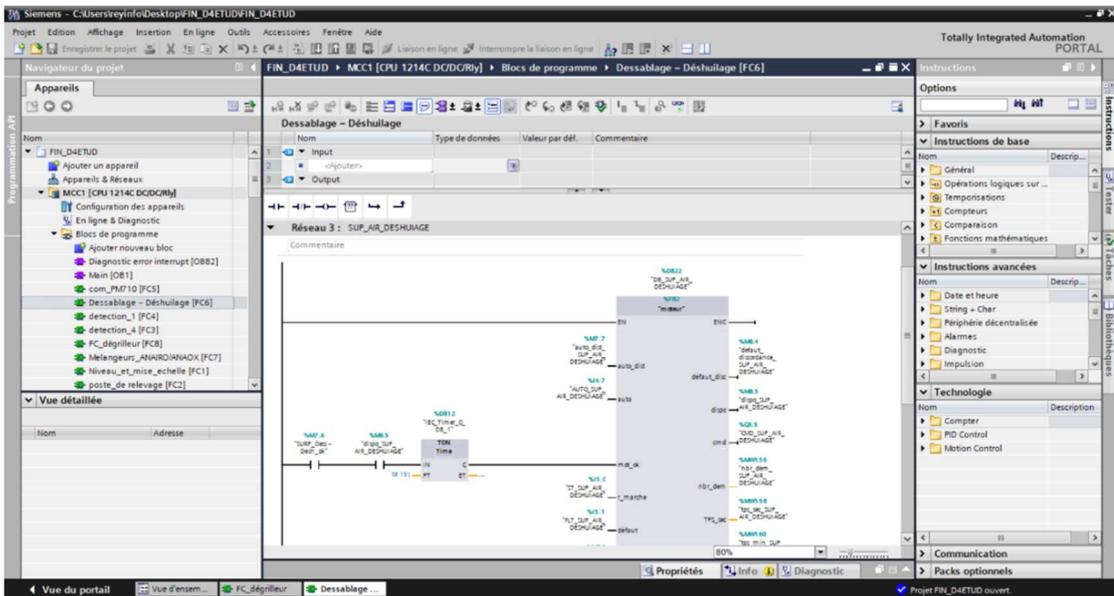


Figure IV.31: Réseau 3 de dessableur/déshuilleur

Reseau4 :

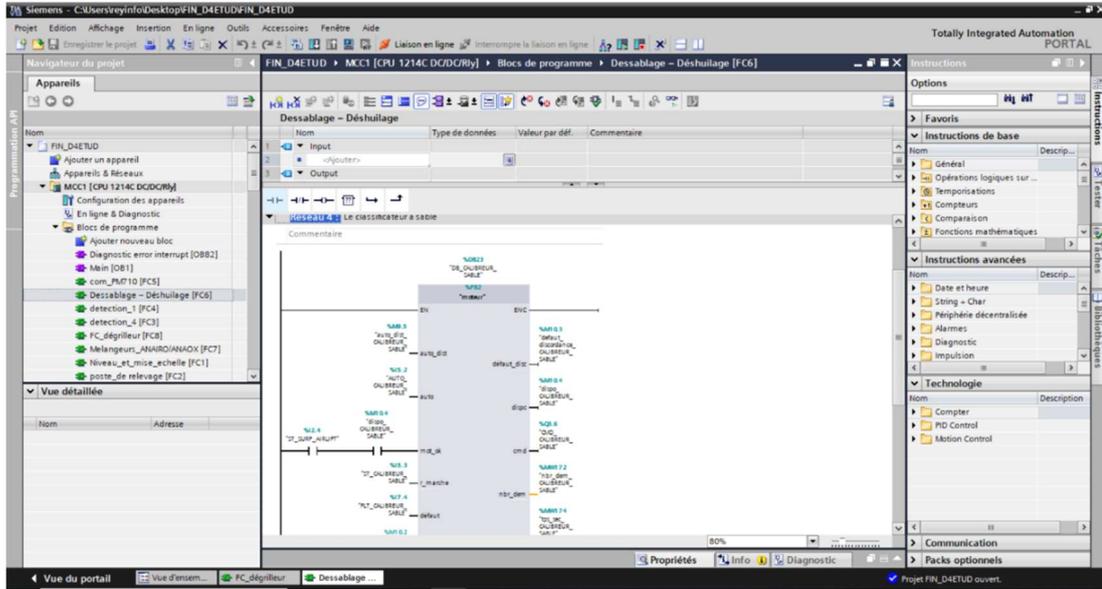


Figure IV.32 : Réseau 4 de dessableur/déshuilleur

Reseau5 :

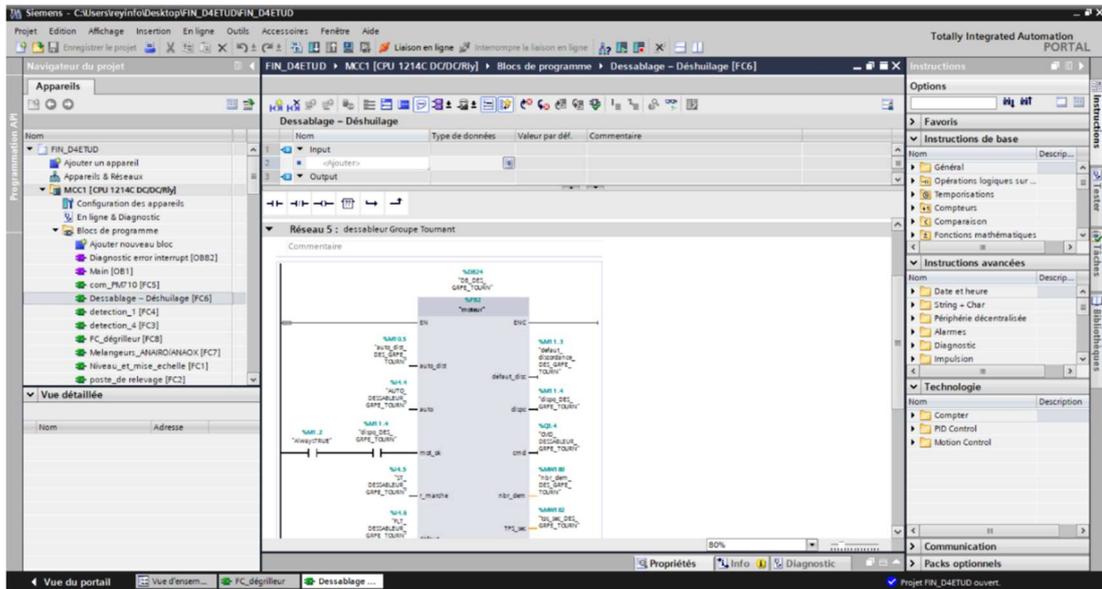


Figure IV.33 : Réseau 5 de dessableur/déshuilleur

**IV.7. Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons présenté le logiciel TIA PORTAL les différentes étapes de la création d'un projet TIA PORTAL V13, nous avons aussi présenté le langage avec le quel est programmé l'automate afin de faire une communication correcte des adresses des variables et on a terminé notre mémoire par le programme de prétraitement de la station de HADJOUT.

## Conclusion générale

---

Le développement massif des techniques de l'automatisme a permis le passage de la machine câblée à celui des systèmes automatisés de production, qui permettent d'avoir une meilleure qualité des produits en plus de la sécurité et de la flexibilité des processus, mais cela entraîne un accroissement des besoins. Cela explique que les systèmes câblés deviennent trop volumineux et trop rigides pour de telles applications, et que l'on se tourne donc vers des solutions utilisant les techniques de traitement de l'information par processeurs programmables ou les automates programmables industriels occupent une place de choix.

Pour expliquer l'intérêt et l'importance de l'utilisation de l'API dans le domaine de l'industrie (passage de la logique câblée à logique programmer) d'une part et d'autre part on utilise cette séquence pour la commande d'une station d'épuration.

Au cours de notre stage a Hadjout dans, station d'épuration(STEP) nous avons eu l'occasion d'apprécier la grandeur et l'importance des installations mise en place pour le traitement des eaux usées domestiques urbaines.

Durant la période de stage ce, on a l'honneur et l'occasion de :

- Connaitre et visualiser certains équipements qui n'existent pas dans l'université ; et aussi différents équipements et matérielles au niveau de l'armoire électrique.
- Appliquer les notions théoriques sur le terrain de travail.

Le but est fait concernant le bien fait de ce stage pratique pour dire que c'est un train d'union entre nos études théoriques et pratiques.

## **Bibliographies :**

- [1] LA SEAAL : 'Catalogue1 de la SEAAL', 2006,le site [www.SEAAL.dz](http://www.SEAAL.dz) consultez le.
- [2] 'catalogue de Siemens ', 2018.
- [3] 'Catalogue de Schneider', 1ere page du catalogue, 2019.
- [4] Cahier technique SCHNEIDER (ct205).
- [5] H. AYAD, 'Cours API et Supervision',2019.
- [6] Documentation SIEMENS, PLC S7-1200.
- [7] Documentation SIEMENS, aide STEP7 CD ROM Siemens. (CD STEP7)
- [8] Documentation logiciel TIA Portal.
- [9] SIMATIC-HMI-WinCC, 'Gettingstarted', A5E00279568-03, 04/2006.
- [10] DIVERS DOCUMENTATIONS SUR LE WEB
- [11] SONATRACH, CENTRE DE PERFECTIONNEMENT DE L'ENTRPRISE (A.AMRI)  
Les automates programmables industriels et les réseaux 2000.
- [12] FRANCAISE MILSANT :  
Machine électrique Berti édition, 1993.
- [13] GUILLOSOU BERNARD  
Technique numérique (série 1).
- [14] C. Merlaud, J. Perrin, F. Binet, J-P Trichard, J-J. Dumery , « Automatique et informatique industriel » Edition NATHAN Technique 2004 .