



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ «Abbès LAGHROUR» DE KHENCHELA  
FACULTÉ DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

Département de Génie industriel

N° de série :2022/2023

## Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Master (L.M.D)

**Spécialité: Automatique et informatique industriel**

**Option: Automatique**

# Contribution a l'étude de supervision industrielle dans un environnement SCADA

*Présenté par :*

*- Belhouchet Mohammed Yazid  
- Azzeb Nour Elislam*

*Dirigé par :*

*-Ben Farroudj H*

**Les membres du jury :**

*Pr. Bouden Soufian  
Dr. Fouad Allouani,  
Mm. Hafiza Ben farroudj*

*président  
examinateur.  
examinatrice.*

**Année universitaire: 2022-2023**

# Remerciements

*Nous exprimons notre profonde gratitude pour la réalisation de nos mémoires de fin d'études en master. Nous remercions Allah pour Sa guidance tout au long de notre parcours académique. Nous sommes reconnaissants envers notre encadrant, Mme. Ben Faroudj Hafiza, pour ses conseils précieux et son soutien constant. Nous remercions également chaleureusement les membres du jury de soutenance pour leur évaluation minutieuse et leurs suggestions constructives. Nous sommes reconnaissants envers nos proches pour leur soutien indéfectible, et nous exprimons notre gratitude envers les enseignants, collègues et le personnel universitaire pour leur contribution essentielle à notre formation. Nous tenons à remercier tous ceux qui nous ont soutenus tout au long de cette aventure académique. Vos efforts ont été inestimables et nous vous sommes infiniment reconnaissants.*

# *Dédicace*

*À mon père, que Dieu ait son âme, et à ma chère mère, à mon frère Amar et sa famille, ainsi qu'à ma sœur Amina et sa famille, à mes frères Jalal et Halima, et à tous les professeurs dont j'ai appris pendant mes 18 années d'études, et à tous mes amis surtout Abd Errahman, Ammar Nour Eislam, je dédie cette mémoire de fin d'études. Votre soutien inconditionnel, vos encouragements et vos précieux enseignements ont été les piliers de mon parcours académique. Votre présence et votre amour ont été ma source d'inspiration et de motivation. Je vous suis reconnaissant pour tout ce que vous avez fait pour moi. Cette réussite est également la vôtre. Merci du fond du cœur.*

*Belhouchet Mohammed Yazid*

# *Dédicace*

*À mon cher père et à ma chère mère, je dédie le fruit de mes efforts à la personne la plus chère et précieuse dans ma vie, celle qui a illuminé mon chemin de ses conseils sages, et qui a été pour moi une mer claire qui coule avec l'amour. A celle qui a embelli ma vie tel un clair de lune blanc et des bougies de joie, celle qui m'a donné la force et la détermination pour poursuivre mon chemin et qui a été la raison de ma persévérance dans mes études, à celle qui m'a appris la patience et le travail acharné, ma chère mère, tu es précieuse à mon cœur. Je salue également mes chers frères et ma chère sœur, Roffaida, et je prie Dieu de les protéger et de les rendre heureux dans leur vie. Je souhaite également beaucoup de succès et de réussite à toute ma famille noble et à mes camarades d'études. Je remercie également mon cher ami, Belhouchet Mohammed Yazid, pour m'avoir aidé à rédiger cette note, ainsi que toutes les personnes auxquelles je porte de l'amour et de l'estime. Mes mots ne suffiront pas à exprimer ma gratitude envers vous, mais je tenais à vous témoigner ma profonde reconnaissance et mon amour immense pour vous tous. Vous êtes les plus chers et les plus précieux dans ma vie.*

*Nour Elislam Azzeb*

## Sommaire:

<b>Introduction générale :</b> .....	<b>1</b>
<b>Chapitre I: généralité sur la supervision industrielle</b>	
I.1 Introduction :.....	4
I.2 Définition de la supervision :.....	4
I.3 Les Domain de la supervision industrielle :.....	5
I.4 Composantes principales de la supervision :.....	6
I.5 Structure générale d'un système automatique industriel :.....	7
I.6 Architecture de la supervision :.....	8
I.7 Problèmes liés à la supervision :.....	9
I.7.1 Masquage :.....	9
I.7.2 Engorgement :.....	9
I.7.3 Modalisation :.....	10
I.8 les solutions des problèmes de la supervision :.....	10
I.9 Conclusion :.....	11
<b>Chapitre II: Les systèmes de supervision et de contrôle SCADA</b>	
II.1 Introduction :.....	13
II.2 Historique :.....	14
II.3 Architecture du SCADA :.....	15
II.4 Interfaces graphiques du SCADA :.....	15
II.5 les avantages du SCADA :.....	16
II.6 Les élément de system SCADA :.....	17
II.6.1 L'Interface Homme-Machine (IHM) :.....	17
II.6.1.1 Utilisation d'une IHM :.....	18
II.6.1.2 Les avantages d'IHM :.....	18
II.6.1.3 Exemples concrets d'IHM :.....	19
II.6.2 les Automates Programmables Industriels API :.....	19
II.6.2.1 Domaines d'emploi des automates :.....	20
II.6.2.2 Nature des informations traitées par l'automate :.....	20
II.6.2.3 Architecture des A.P.I :.....	20
II.6.2.3.1 Aspect extérieur :.....	20
II.6.2.3.2 Structure d'un système complet :.....	22
II.6.2.3.3 Structure interne de l'automate :.....	22
II.6.3 Unité terminale à distance RTU :.....	23
II.6.3.1 Architecture :.....	24
II.6.4 L'unité de terminal maître MTU :.....	25
II.6.5 communications :.....	26
II.7 Les logiciels SCADA :.....	27
II.8 TIA Portal :.....	29
II.8.1 Vue du portail et vue du projet :.....	29
II.8.1.1 Vue du portail :.....	30
II.8.1.2 Vue du projet :.....	31
II.8.2 Création d'un projet et configuration d'une station de travail :.....	32

II.8.2.1	Création d'un projet :.....	32
II.8.2.2	Configuration et paramétrage du matériel :.....	32
II.8.3	Les variables API :.....	34
II.8.3.1	Adresses symbolique et absolue :.....	34
II.8.3.2	Table des variables API :.....	35
II.9	conclusion :.....	35

### **Chapitre III: Description du system étudié**

III.1	Introduction :.....	38
III.2	Étude d'un système SCADA dans une station de traitement d'eau :.....	38
III.2.1	Présentation de la station :.....	38
III.2.1.1	La salle de contrôle :.....	39
III.2.1.2	Le schéma général de la station.....	39
III.2.2	la partie matérielle :.....	40
III.2.2.1	Les type de capteurs utilisés :.....	40
III.2.2.2	La boîte de commande :.....	41
III.2.3	Les étapes de traitement de l'eau :.....	41
III.2.3.1	vanne d'isolation :.....	42
III.2.3.2	cascade d'aération :.....	42
III.2.3.3	Les mélangeurs rapides :.....	43
III.2.3.4	Le mélangeur lent :.....	44
III.2.3.5	Les filtres à sable :.....	44
III.2.3.6	La chambre des produits chimiques :.....	45
III.2.3.7	Le réservoir d'eau traitée :.....	45
III.3	Application SCADA pour projet de traitement d'eau :.....	46
III.3.1	les étapes de création de projet :.....	47
III.3.1.1	Le type de l'API :.....	47
III.3.1.2	Saisir des variables :.....	48
III.3.1.3	Programmation d'API :.....	49
III.3.1.4	La liaison :.....	50
III.3.1.5	L'interface homme machin :.....	51
III.3.1.5	Schéma graphique des composants du système :.....	51
III.3.1.6	assemblage des composants du système :.....	53
III.3.1.7	la simulation du projet :.....	54
III.3.1.8	Le principe de fonctionnement du système :.....	54
III.4	Conclusion :.....	55
	<b>Conclusion générale :.....</b>	<b>57</b>
	<b>Bibliographie:.....</b>	<b>59</b>
	<b>Résumé: .....</b>	<b>59</b>

<i>Liste des figures :</i>	
<i>Figure I.1 : Poste de pilotage</i>	<b>4</b>
<i>Figure I.2: Une architecture simplifiée d'un système de supervision.</i>	<b>5</b>
<i>Figure I.3: Structure générale d'un système automatique industriel.</i>	<b>8</b>
<i>Figure I.5: Architecture générale d'un système de supervision en ligne</i>	<b>8</b>
<i>Figure II.1 : Les systèmes de supervision et de contrôle SCADA</i>	<b>13</b>
<i>Figure II.2: L'évolution du système SCADA</i>	<b>14</b>
<i>Figure II.3: Architecture de la supervision dans un environnement SCADA</i>	<b>15</b>
<i>Figure II.4: Interface graphique de supervision d'un générateur de vapeur</i>	<b>16</b>
<i>Figure II.5: exemple de HMI</i>	<b>17</b>
<i>Figure II.6: Automate modulaire (Modicon)</i>	<b>21</b>
<i>Figure II.7: Automate compact (LOGO)</i>	<b>21</b>
<i>Figure II.8: Structure générale d'un A.P.I</i>	<b>21</b>
<i>Figure II.9: L'A.P.I et son environnement (= liaisons permanentes ; - temporaire ; - éventuelle)</i>	<b>22</b>
<i>Figure II.10: Structure interne d'un API</i>	<b>23</b>
<i>Figure II.11: Schéma générale de RTU</i>	<b>25</b>
<i>Figure II.12: Schéma générale de MTU</i>	<b>26</b>
<i>Figure II.13: Topologie de différents modes de communication SCADA</i>	<b>27</b>
<i>Figure II.14: interface de logiciel wincc</i>	<b>28</b>
<i>Figure II.15: interface de logiciel step7</i>	<b>29</b>
<i>Figure II.16: vue de projet</i>	<b>30</b>
<i>Figure II.17: vue de portail</i>	<b>30</b>
<i>Figure II.18: vue de projet</i>	<b>31</b>

<i>Figure II.19: création d'un projet</i>	<b>32</b>
<i>Figure II.20: Configuration et paramétrage du matériel</i>	<b>33</b>
<i>Figure II.21: Configuration et paramétrage du matériel</i>	<b>33</b>
<i>Figure II.22: Adresses symbolique et absolue</i>	<b>34</b>
<i>Figure II.23: table du variable API</i>	<b>35</b>
<i>Figure III.1: Barrage de Babar</i>	<b>39</b>
<i>Figure III.2 : Le schéma général de la station</i>	<b>40</b>
<i>Figure III.3 : PH mètre</i>	<b>40</b>
<i>Figure III.4 : capteur de niveau</i>	<b>40</b>
<i>Figure III.5 : architecture de câblage</i>	<b>41</b>
<i>Figure III.6 : La boîte de commande</i>	<b>41</b>
<i>Figure III.7 : PLC Schneider</i>	<b>41</b>
<i>Figure III.8 : vanne d'isolation</i>	<b>42</b>
<i>Figure III.9 : débitmètre</i>	<b>42</b>
<i>Figure III.10: cascade d'aération en SCADA</i>	<b>43</b>
<i>Figure III.11: cascade d'aération photo réaliste</i>	<b>43</b>
<i>Figure III.12: Les mélangeurs rapides</i>	<b>43</b>
<i>Figure III.13: le mélangeur lent</i>	<b>44</b>
<i>Figure III.14: Les filtres à sable en SCADA</i>	<b>44</b>
<i>Figure III.15: Les filtres à sable photo réaliste</i>	<b>45</b>
<i>Figure III.16: La chambre des produits chimiques</i>	<b>45</b>
<i>Figure III.17: Le réservoir d'eau traitée</i>	<b>46</b>
<i>Figure III.18: pompée vers les stations de pompage secondaires.</i>	<b>46</b>

<i>Figure III.19: création de projet</i>	<b>47</b>
<i>Figure III.20: création de projet</i>	<b>48</b>
<i>Figure III.21: Les variables d'API</i>	<b>48</b>
<i>Figure III.22: programmation LADDER pour l'API</i>	<b>49</b>
<i>Figure III.23: Attribue de valeur</i>	<b>50</b>
<i>Figure III.24: Configuration de liaison</i>	<b>50</b>
<i>Figure III.25: Ajouter une HMI</i>	<b>51</b>
<i>Figure III.26: Configuration de liaison</i>	<b>51</b>
<i>Figure III.27: interface de travail</i>	<b>52</b>
<i>Figure III.28: Extraire des éléments de projet</i>	<b>52</b>
<i>Figure III.29: assemblage des composants du système</i>	<b>53</b>
<i>Figure III.30: la simulation de projet</i>	<b>54</b>
<i>Figure III.31: la simulation de projet</i>	<b>55</b>

## *Liste des acronymes:*

**SCADA** : "Supervisory Control And Data Acquisition"

**API**: Application Programming Interface

**IOT**: "Internet of Things"

**MTU**: Maximum Transmission Unit "Unité de Transmission Maximale"

**RTU**: Remote Terminal Unit "Unité Terminale à Distance"

**OLE** : for Process Control)

**MQTT** : (Message Queuing Telemetry Transport),

**AI**: entrée analogique

**DI**: entrée numérique

**DO/CO**: sortie numérique

**AO**:carte(s) de sortie analogique.

**BASIC**: langage de programmation

**BOOL, INT**: type de donnée

**IHM**: Interface Homme-Machine

**PLC**: Programmable Logic Controller (Automate Programmable Industriel)

**TOR**: Terminal Output Relay (Relais de Sortie Terminal)

**E/S**: Entrées/Sorties

**PID**: Proportional-Integral-Derivative (Régulateur Proportionnel-Intégral-Dérivé)

**CPU**: Central Processing Unit (Unité Centrale de Traitement)

**LADDER**: Ladder Diagram (Schéma en Ladder, un langage de programmation graphique pour les automates)

# **Introduction générale**

## Introduction général

La supervision industrielle est un élément clé dans la gestion des systèmes et des processus industriels. Elle permet de collecter, analyser et visualiser en temps réel les données provenant des équipements et des capteurs, offrant ainsi aux opérateurs et aux responsables une vue d'ensemble complète des performances et de l'état des installations [1]. La supervision industrielle repose sur des systèmes informatiques sophistiqués qui intègrent des logiciels de supervision, des interfaces homme-machine (IHM), des capteurs et des actionneurs. Elle permet de surveiller et de contrôler différents paramètres tels que la température, la pression, le débit, les niveaux, et bien d'autres, afin d'assurer le bon fonctionnement des processus industriels [2].

Les avantages de la supervision industrielle sont nombreux. Elle permet une détection précoce des anomalies et des défaillances, ce qui permet d'intervenir rapidement pour éviter des arrêts de production coûteux. De plus, elle offre une meilleure visibilité sur les performances et les rendements des équipements, ce qui permet d'optimiser les processus et d'améliorer la productivité. Enfin, la supervision industrielle facilite la prise de décisions éclairées en fournissant des données précises et en temps réel sur l'état des installations [3]. Pour mettre en place une supervision industrielle efficace, il est essentiel de choisir les bons outils et les bonnes technologies. Les systèmes de supervision modernes offrent une interface utilisateur conviviale, des fonctionnalités avancées de visualisation des données et des capacités de connectivité pour intégrer les différents équipements et systèmes. De plus, l'utilisation de normes et de protocoles de communication standardisés, tels que OPC (OLE for Process Control) et MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), permet une intégration transparente avec les systèmes existants [4].

Le SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) est un système de supervision et d'acquisition de données largement utilisé dans de nombreux secteurs industriels tels que l'énergie, l'eau et les infrastructures critiques. Il permet de surveiller et de contrôler à distance des processus industriels complexes. Le SCADA collecte des données en temps réel à partir de capteurs, de dispositifs de contrôle et d'autres équipements, puis les affiche sous forme de graphiques, de tableaux de bord et de rapports. Cela permet aux opérateurs de visualiser les informations essentielles pour la prise de décisions [05].

Ces deux parties sont les éléments essentiels de notre mémoire qui abordent le rôle de la supervision dans l'environnement SCADA. Ainsi, notre travail se divise en ces deux parties comme suit :

Dans le premier chapitre, nous avons exploré de manière globale le sujet de la supervision industrielle, en le décrivant et en mettant en avant ses avantages ainsi qu'en abordant les problèmes

## Introduction général

---

rencontrés et en proposant des solutions. Nous avons également discuté des différents domaines d'application de la supervision industrielle.

Dans le deuxième chapitre, Nous avons lumière le système SCADA en particulier. Nous avons commencé par présenter son historique, puis nous avons abordé son architecture interne et exposé ses avantages. Une grande partie du chapitre a été consacrée à expliquer le logiciel TIA Portal, qui a été le logiciel utilisé dans notre projet ultérieur.

Dans le troisième chapitre, nous avons présenté deux parties distinctes. La première partie abordait notre stage effectué dans une station de traitement des eaux d'un barrage dans la wilaya de Khenchela. Nous y avons détaillé le fonctionnement de la station en utilisant le système SCADA. Dans la deuxième partie, nous avons travaillé sur un projet SCADA utilisant le logiciel TIA Portal. Ce projet concernait une station de filtration d'eau simple, que nous avons développée en nous basant sur le fonctionnement d'une des parties de la station de traitement des eaux précédente.

# Chapitre I

## **généralité sur la supervision industrielle**

## I.1 Introduction

Répondant aux besoins de la qualité, de la quantité de la production et de la concurrence du marché économique, les industriels ont tendance à améliorer et à élargir leurs installations et deviennent ainsi de plus en plus complexes, contribuant en même temps à augmenter les risques de pannes qui peuvent survenir sur le fonctionnement de l'installation, et à diminuer la sécurité du personnel et de l'environnement, sachant que la sûreté de fonctionnement d'une installation est directement liée aux enjeux économiques, en d'autres termes à la survie de l'installation, ce qui fait, qu'un simple défaut sur le fonctionnement du système n'est pas du tout toléré, pour arriver à prévoir le moindre défaut ou panne qui risquerai de provoquer un arrêt du système, une bonne maîtrise des techniques de surveillance et de supervision est requise [06].

Dans ce chapitre on donnera un aperçu sur l'état de l'art de la supervision et de sa nécessité dans les systèmes industriels et aussi on introduit quelques définitions utiles dans le domaine de la supervision et du diagnostic.



*Figure I.1 : Poste de pilotage*

## I.2 définition de la supervision

La supervision industrielle est définie comme un processus de surveillance et de contrôle des installations de production dans le domaine industriel. la supervision industrielle englobe l'ensemble des techniques et des systèmes utilisés pour collecter en temps réel des données provenant des équipements industriels, tels que des capteurs, des actionneurs et des automates programmables [07].

La supervision industrielle permet d'avoir un affichage dynamique du processus avec les différentes alarmes, défauts et événements survenant pendant l'exploitation de la machine. Elle permet aux différents acteurs de l'entreprise l'optimisation de la production en déterminant les besoins en termes de matières premières et la planification des différentes actions à réaliser.

# Chapitre I : généralité sur la supervision industrielle

La supervision est donc pratiquement indispensable sur des installations automatisées complexes.

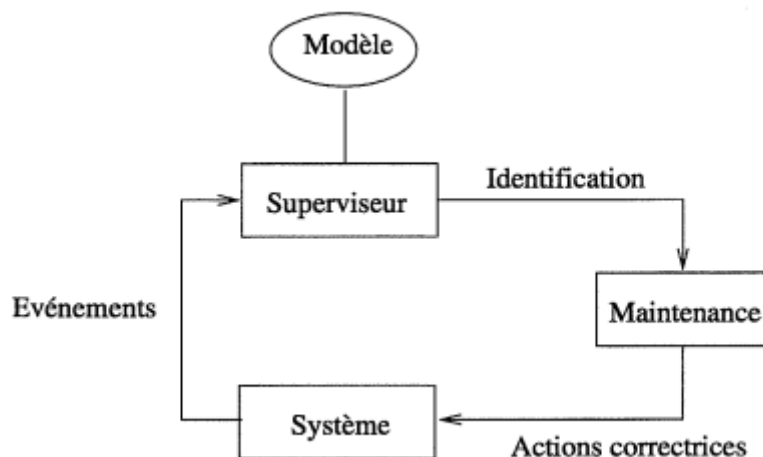


Figure I.2: Une architecture simplifiée d'un système de supervision.

## I.3 les Domain de la supervision industrielle

Il existe de nombreux domaines qui dépendent énormément de la supervision industrielle, que nous pouvons résumer comme suit [08] :

### 1. Supervision de la production :

Ce domaine implique la surveillance en temps réel des processus de production, tels que la gestion des stocks, la planification de la production, la gestion des flux de production, la coordination des activités des machines et des travailleurs, la surveillance de la qualité des produits finis et la gestion des déchets. La supervision de la production peut être réalisée grâce à des systèmes de contrôle-commande, des capteurs, des actionneurs et des logiciels de surveillance [08].

### 2. Supervision des équipements :

Ce domaine concerne la surveillance des équipements industriels pour garantir leur bon fonctionnement et leur maintenance régulière. Cela comprend la surveillance des machines, des robots, des capteurs, des actionneurs et des autres équipements utilisés dans un processus de production. Les systèmes de surveillance des équipements permettent d'identifier les pannes, de planifier la maintenance préventive et de réduire les temps d'arrêt.

### 3. Supervision de la qualité :

Ce domaine consiste à surveiller en temps réel la qualité des produits fabriqués dans un processus industriel. Cela inclut la surveillance des spécifications de qualité, la détection des défauts et des erreurs de production, la correction des

erreurs et la surveillance de la qualité des matières premières et des produits finis. Les systèmes de surveillance de la qualité permettent de détecter rapidement les problèmes et de corriger les défauts de production.

#### 4. Supervision de la sécurité :

Ce domaine concerne la surveillance des risques et des dangers liés aux processus industriels, tels que les risques d'incendie, les fuites de gaz et les explosions. Les systèmes de surveillance de la sécurité permettent de détecter les anomalies, de déclencher des alarmes et de déclencher des procédures de sécurité pour minimiser les risques pour les travailleurs et l'environnement.

#### 5. Supervision énergétique :

Ce domaine consiste à surveiller et à optimiser l'utilisation de l'énergie dans un processus de production. Cela comprend la surveillance des consommations d'énergie, l'optimisation des procédés de production pour minimiser la consommation d'énergie, la gestion de l'énergie et l'analyse des performances énergétiques. Les systèmes de surveillance énergétique permettent de réduire les coûts et les impacts environnementaux de la production.

#### 6. Supervision environnementale :

Ce domaine concerne la surveillance et le contrôle des émissions, des déchets et de l'impact environnemental des processus industriels. Les systèmes de surveillance environnementale permettent de surveiller les niveaux de pollution, de détecter les anomalies et de mettre en place des procédures pour minimiser l'impact environnemental de la production.

### I.4 Composantes principales de la supervision

Le processus de supervision admet trois composantes principales que l'on peut retrouver dans un système de supervision [09]:

- **Diagnostic :**

Le diagnostic des composantes principales dans le domaine de la supervision joue un rôle crucial dans l'identification et la résolution des problèmes potentiels dans les systèmes de contrôle industriels. Selon l'article de recherche intitulé "Fault Diagnosis in Industrial", le diagnostic des composantes principales vise à détecter les anomalies, à localiser les défaillances et à évaluer l'état de santé des équipements et des processus dans un système de supervision. L'utilisation des Composantes principales de la supervision (CPS) offre une approche efficace pour le diagnostic. Les CPS sont des modèles mathématiques qui représentent les variables de processus et les équipements interconnectés dans un système industriel. Dans

l'article, les auteurs soulignent l'importance de l'analyse des CPS pour le diagnostic en temps réel des défaillances [10].

- **Le Suivi :**

Le suivi des Composantes principales dans le contexte de la supervision industrielle est essentiel pour détecter les changements et les anomalies dans les systèmes de contrôle. Selon l'article scientifique intitulé "Monitoring of Industrial Processes using Principal Component Analysis". Le suivi des CPS permet de surveiller en temps réel les variables de processus et les équipements clés pour garantir leur bon fonctionnement. Les CPS sont des modèles mathématiques qui capturent les relations entre les variables de processus et les équipements dans un système industriel. Le suivi des CPS consiste à comparer en continu les données observées avec les modèles de référence pour détecter les écarts et les anomalies. Cette approche offre une méthode efficace pour surveiller les performances des processus, identifier les déviations et prendre des mesures correctives rapidement [11].

- **Prédiction :**

Le simple suivi d'un système ne suffit pas toujours à prévenir les anomalies, car même si une anomalie est détectée à temps, il peut être trop tard pour y réagir efficacement. Par conséquent, il devient important de pouvoir estimer le fonctionnement prévu du système dans un futur proche afin d'anticiper les anomalies, ce qui est appelé la prédiction. L'auteur prend l'exemple d'une centrale nucléaire pour illustrer cette idée, soulignant qu'il est préférable de prédire un dépassement de température pour pouvoir réagir rapidement plutôt que d'attendre que l'événement se produise avant de prendre des mesures.

La supervision est ainsi définie par ces trois composantes qui sont le diagnostic, le suivi et la prédiction. Chacune des composantes permet de déterminer le mode de fonctionnement du système dans une période donnée:

Dans le passé pour le diagnostic, le présent pour le suivi et enfin, le futur pour la prédiction. De ce fait, le facteur dynamique devient un élément essentiel dans un problème de supervision.

### **I.5 Structure générale d'un système automatique industriel**

Tout système industriel peut être divisé en plusieurs sous système interconnectés les uns aux autres, chaque sous système contient plusieurs actionneurs et plusieurs capteurs qui, à chaque instant envoi des informations sur l'état du système, la figure I.3 Représente un système industriel avec tous ses composants [06].

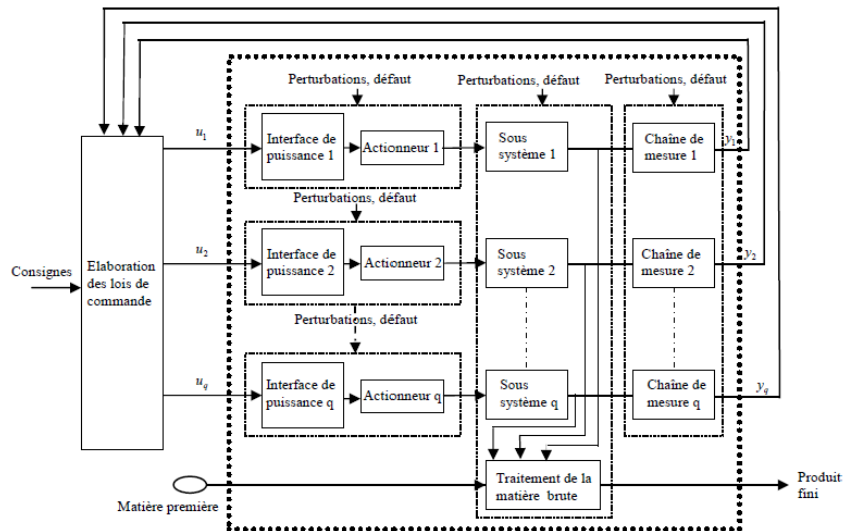


Figure I.3: Structure générale d'un système automatique industriel.

## I.6 Architecture de la supervision

La supervision est d'un niveau supérieur et qui superpose à la boucle de commande, elle assure les conditions d'opérations pour les quelles les algorithmes d'estimation et de commande ont été conçus. Parmi les taches principales de la supervision se trouve la surveillance, l'aide à la décision, le diagnostic et la détection [12].

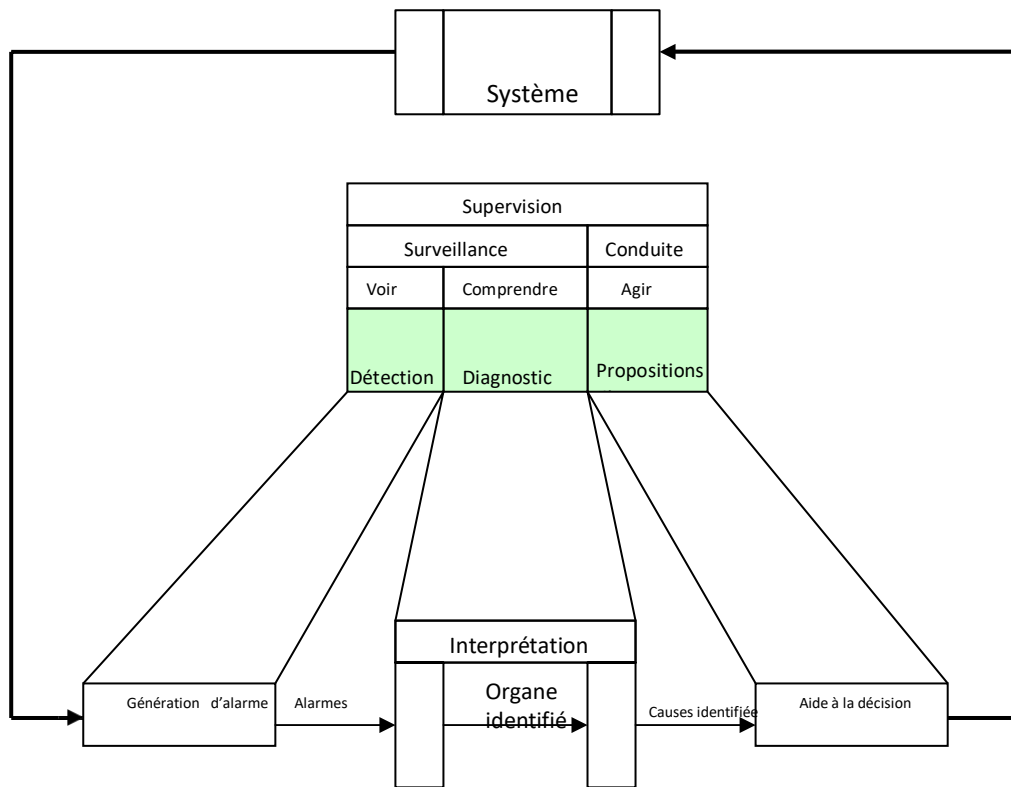


Figure I.5: Architecture générale d'un système de supervision en ligne

## I.7 Problèmes liés à la supervision

Lorsqu'il s'agit de superviser un système, il est primordial de prendre en considération plusieurs problèmes potentiels. Ces problèmes peuvent se manifester au niveau du système supervisé lui-même, au niveau du système superviseur, ainsi qu'au niveau de l'opérateur humain qui est chargé de traiter et d'analyser les résultats générés par le système de supervision. Il est donc important de bien comprendre les différents aspects impliqués dans le processus de supervision et de mettre en place des mesures appropriées pour faire face aux éventuels problèmes qui pourraient survenir :

### I.7.1 Masquage

Le masquage des problèmes dans le domaine de la supervision industrielle est une situation préoccupante qui peut entraîner des conséquences graves sur les performances et la sécurité des systèmes de contrôle. Le masquage se produit lorsque des défaillances ou des erreurs sont dissimulées ou ignorées par le système de supervision, ce qui peut conduire à des décisions erronées ou à des actions inappropriées. Le masquage des problèmes peut être causé par plusieurs facteurs, tels que des seuils d'alarme incorrectement définis, des défauts dans les capteurs ou les actionneurs, des défaillances dans les communications ou des erreurs dans les algorithmes de diagnostic. Il est crucial de détecter et de résoudre rapidement les problèmes de masquage afin d'assurer une supervision efficace et fiable des processus industriels [13].

### I.7.2 Engorgement

Le terme "engorgement" se réfère à une situation où le système superviseur est incapable de traiter toutes les informations qu'il reçoit en entrée en raison de leur grand nombre. Cela peut entraîner des retards ou des erreurs dans la production de résultats précis. De même, si les informations en entrée sont imprécises ou incomplètes, cela peut affecter la capacité du système superviseur à déterminer avec précision le mode de fonctionnement du système supervisé.

Dans un contexte de supervision, l'opérateur humain chargé d'analyser les résultats du système superviseur peut être submergé par un grand nombre de messages dès qu'une anomalie se produit. Cela peut entraîner des problèmes d'avalanche, où l'opérateur est submergé par une grande quantité d'informations, rendant difficile la détection de l'origine du problème.

Pour éviter ces problèmes d'engorgement et d'avalanche, il est important de définir clairement les types d'informations qui doivent être transmises et leur fréquence, afin de limiter la quantité d'informations traitées. De plus, la qualité des informations transmises doit être assurée pour éviter les erreurs et les imprécisions. Enfin, des techniques de filtrage et de priorisation peuvent être utilisées pour permettre à l'opérateur de se concentrer sur les informations les plus importantes et de traiter efficacement les problèmes détectés.

## I.7.3 Modalisation

Par rapport au choix d'une modélisation du système supervisé, la richesse d'expression du modèle utilisé entre souvent en concurrence avec l'efficacité en temps de réponse du système de supervision. En effet, dans un problème de supervision, d'une part, on exige l'efficacité en temps de réponse car le système supervisé évolue dans le temps et le système superviseur est contraint de respecter des délais. D'autre part, la fiabilité du système superviseur est cruciale. Ce dernier facteur est fortement lié à la richesse d'expression du modèle utilisé pour modéliser le système physique. Ceci est réalisable en assurant la complétude des connaissances ainsi que leur cohérence. Ceci implique l'existence d'une base de connaissances assez riche, mais malheureusement contribue dans la plupart des cas à l'augmentation de la complexité des algorithmes mis en place. Ajoutons à cela le problème de faisabilité: en effet, la complexité croissante des systèmes actuels ne fait qu'accroître le volume des connaissances le modélisant. Il devient alors de plus en plus difficile de construire des modèles complets modélisant des systèmes industriels. En fait, la vraie difficulté est d'être en mesure de fournir une preuve de la complétude de tels modèles. Afin de résoudre ce problème les chercheurs ont adopté des méthodes où seuls des modèles partiels et incomplets sont utilisés tout en garantissant un minimum de fiabilité.

Dans les sections qui suivent, nous nous efforcerons de décrire un certain nombre d'approches pour la supervision, sans toutefois prétendre couvrir tout ce domaine de recherche [14].

## I.8 les solution des problème de la supervision

Voici quelques solutions générales pour résoudre les problèmes de supervision :

**Suivi et évaluation :** Mettez en place un système de suivi et d'évaluation de la performance des superviseurs. Cela peut inclure des évaluations régulières, des objectifs clairs et des mesures de performance spécifiques. Utilisez ces évaluations pour identifier les domaines de développement et fournir un soutien supplémentaire si nécessaire.

**Communication claire :** Assurez-vous d'établir une communication claire avec les superviseurs en expliquant les attentes, les objectifs et les directives de manière précise. Encouragez également les superviseurs à communiquer régulièrement avec leur équipe pour éviter les malentendus.

**Développement des compétences :** Offrez des formations et des programmes de développement professionnel aux superviseurs. Cela peut inclure des formations sur la gestion d'équipe, la résolution de conflits, la communication efficace, le leadership, etc. Le renforcement des compétences des superviseurs peut améliorer leur capacité à gérer les problèmes de supervision.

**Établissement de relations positives :** Favorisez un environnement de travail positif en encourageant les relations de confiance et de respect entre les superviseurs et les employés. Cela

peut être réalisé en organisant des activités de renforcement d'équipe, en encourageant les retours positifs et en reconnaissant les réalisations des membres de l'équipe.

Gestion du temps et des ressources : Aidez les superviseurs à mieux gérer leur temps et leurs ressources. Identifiez les obstacles qui pourraient les empêcher d'accomplir leurs tâches de supervision et travaillez ensemble pour trouver des solutions, comme la révision des priorités ou la délégation des tâches.

### **I.9 Conclusion**

La supervision industrielle est une discipline importante pour assurer le bon fonctionnement et la sécurité des processus de production industrielle. Grâce à l'utilisation de systèmes de surveillance et de contrôle, les entreprises peuvent détecter rapidement les problèmes et les défaillances, ce qui permet d'éviter des interruptions de production coûteuses et potentiellement dangereuses.

La supervision industrielle est devenue de plus en plus importante ces dernières années, en raison de l'automatisation croissante des processus de production et de l'importance accrue accordée à la sécurité et à la durabilité. Les technologies de supervision industrielle évoluent également rapidement, ce qui permet d'optimiser les performances des systèmes de production et de réduire les coûts.

En conclusion, la supervision industrielle est un élément clé de la production industrielle moderne, permettant aux entreprises d'améliorer leur efficacité, leur sécurité et leur durabilité. Les entreprises doivent continuer à investir dans les technologies de supervision et à former leurs employés pour assurer la mise en œuvre efficace de ces systèmes.

# Chapitre II

## **Les systèmes de supervision et de contrôle SCADA**

### II.1 Introduction

Les systèmes de supervision et de contrôle SCADA, acronyme de "Supervisory Control And Data Acquisition", sont devenus un élément incontournable de l'industrie moderne. Ces systèmes sont conçus pour collecter, traiter, visualiser et contrôler les données provenant d'un large éventail d'équipements et de capteurs industriels en temps réel. Les informations collectées sont ensuite analysées et présentées sous forme de graphiques, de tableaux de bord et d'indicateurs de performance clés, permettant aux opérateurs et aux ingénieurs de surveiller l'état des équipements et de détecter les anomalies et les problèmes potentiels avant qu'ils ne deviennent critiques [15].

SCADA intègre des éléments tels que des capteurs, des dispositifs de contrôle et des logiciels pour collecter et analyser les données opérationnelles. Les informations sont ensuite présentées aux opérateurs à travers des interfaces graphiques conviviales qui fournissent une vue d'ensemble du système [16].

Grâce à ses fonctionnalités avancées, le SCADA permet une surveillance continue des processus, la détection précoce des anomalies, la génération d'alertes en cas de situations anormales et la prise de décisions rapides et éclairées[17]. Il contribue à améliorer l'efficacité, la productivité et la sécurité des opérations industrielles [18].



*Figure II.1 : Les systèmes de supervision et de contrôle SCADA*

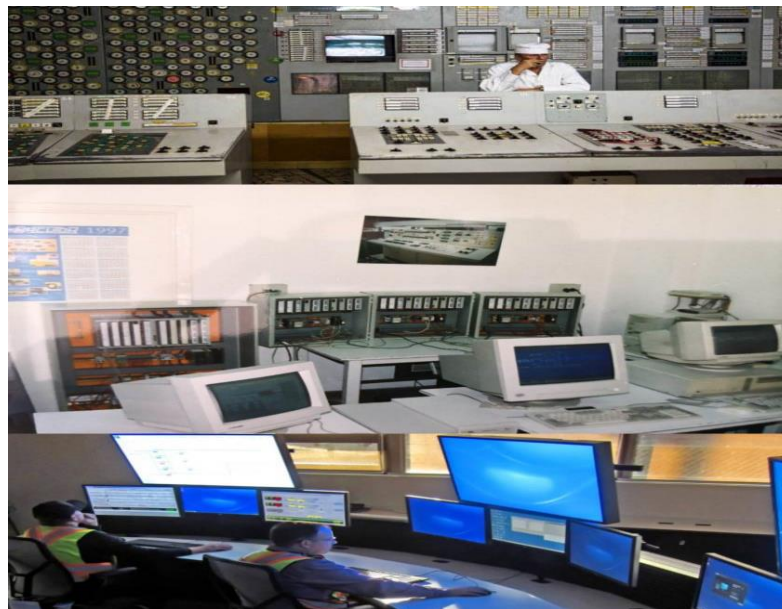
### II.2 Historique

Le développement du SCADA remonte aux années 1960, lorsque les industries ont commencé à automatiser leurs processus de production. À cette époque, les systèmes SCADA étaient principalement basés sur des dispositifs matériels dédiés et des câbles de communication spécialisés pour superviser et contrôler les équipements industriels [19].

Dans les années 1970, l'introduction des ordinateurs a permis d'améliorer les fonctionnalités et les performances des systèmes SCADA. Les ordinateurs ont été utilisés pour la collecte, le traitement et la visualisation des données provenant des équipements industriels, offrant ainsi une meilleure surveillance et un meilleur contrôle des processus [20].

Au fil des années, les progrès technologiques ont permis une évolution significative des systèmes SCADA. L'intégration de technologies de communication telles que les réseaux locaux et Internet a facilité la connectivité entre les différents composants du système, permettant ainsi une surveillance à distance des installations industrielles [21].

Aujourd'hui, avec l'avènement de l'Internet des objets (IoT) et de l'industrie 4.0, les systèmes SCADA continuent de se développer et de s'adapter aux nouvelles exigences industrielles. Ils intègrent des fonctionnalités avancées telles que l'analyse de données en temps réel, l'apprentissage automatique et la sécurité renforcée pour répondre aux défis de l'industrie moderne [22].



*Figure II.2: L'évolution du système SCADA*

### II.3 Architecture du SCADA

SCADA entoure un transfert de données entre le Serveur (MTU, master terminal units) et une ou plusieurs unités terminales distantes (Remote Terminal Units RTUs), et entre le Serveur et les terminaux des opérateurs, la figure ci-dessous représente un schéma sur l'architecture d'un réseau SCADA qui utilise des routeurs pour joindre le poste de pilotage par le billet de l'Internet [23].

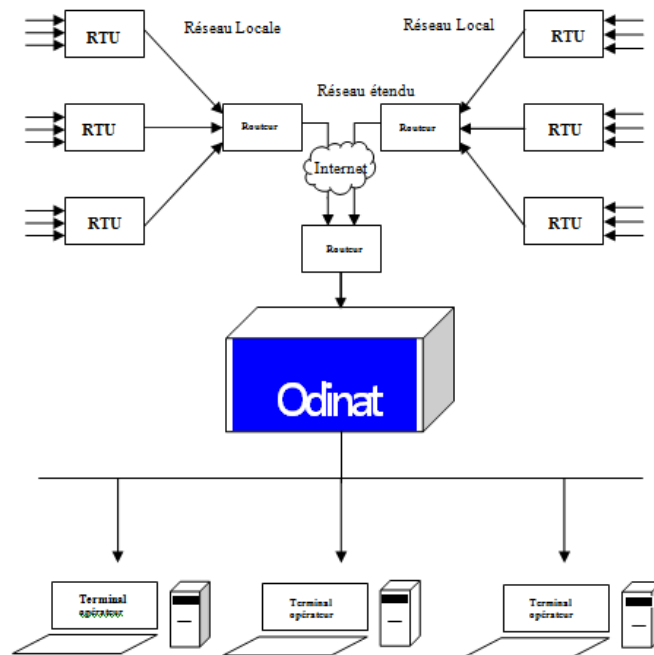


Figure II.3: Architecture de la supervision dans un environnement

### II.4 Interfaces graphiques du SCADA

Les interfaces graphiques sont un outil très important pour le bon déroulement de la procédure d'aide à la décision, elles sont le seul point d'interaction entre l'opérateur et les algorithmes d'aide à la décision, ainsi, elles aident l'opérateur dans sa tâche d'interprétation et de prise de décision, en lui offrant une très bonne visibilité sur l'état et l'évolution de l'installation, avec l'affichage en différentes couleurs des résidus, des alarmes et des propositions sur l'action à entreprendre, [24].

## Chapitre II : Les systèmes de supervision et de contrôle SCADA

La figure suivante représente une interface graphique de la supervision d'un générateur de vapeur :

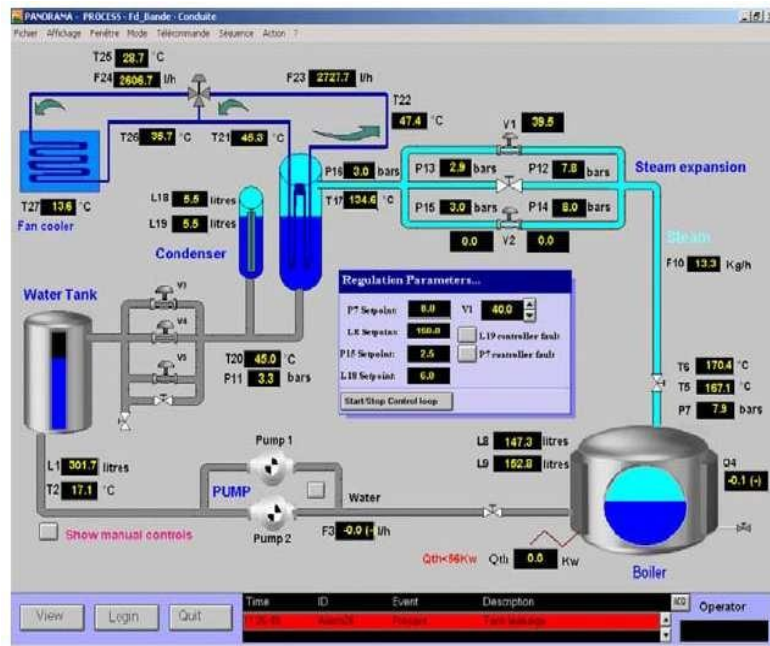


Figure II.4: Interface graphique de supervision d'un générateur de vapeur

### II.5 les avantages du SCADA

Le suivi de près du système ; voire l'état du fonctionnement de procédé dans des écrans même s'il se situe dans une zone lointaine [06].

- Le contrôle et l'assurance que toutes les performances désirées sont atteintes ; de visualiser les performances désirées du système à chaque instant, et s'il y aurait une perte de performance, une alarme se déclencherait d'une manière automatique pour prévenir l'opérateur.
- Produire une alarme lorsque une faute se produit et visualiser même la position où se situe la faute et l'élément défectueux, ce qui facilite la tâche du diagnostic et de l'intervention de l'opérateur.
- Donne plusieurs informations sur le système ainsi aide l'opérateur à prendre la bonne décision, et ne pas se tromper dans son intervention.
- Diminue les tâches du personnel en les regroupant dans une salle de commande.

- Elimination ou réduction du nombre de visite aux sites éloignés ; avec une interface graphique, on peut suivre l'état de l'installation à chaque instant, ainsi on n'aura pas besoin de faire des visite de contrôle

### II.6 Les élément de system SCADA

#### II.6.1L'Interface Homme-Machine (IHM)

IHM signifie interface homme-machine et fait référence à un tableau de bord qui permet à un utilisateur de communiquer avec une machine, un programme informatique ou un système. Techniquement, vous pourriez appliquer le terme IHM à n'importe quel écran utilisé pour interagir avec un appareil, mais il est généralement employé pour décrire des écrans utilisés dans les environnements industriels. Les IHM affichent des données en temps réel et permettent à l'utilisateur de contrôler les machines grâce à une interface utilisateur graphique [25].

Prenons l'exemple d'une voiture. Une voiture est une machine complexe qui dispose de nombreux éléments tels que le moteur, la direction, l'éclairage, la climatisation, la radio et bien d'autres encore. Malgré la complexité de ces éléments, le conducteur peut les contrôler et obtenir des informations sur leur fonctionnement sans interagir directement avec eux. Par exemple, la vitesse de la voiture est affichée sur le compteur de vitesse, et le conducteur peut contrôler la radio, l'éclairage et la climatisation à l'aide de boutons ou d'un écran tactile. Pour contrôler le moteur, le conducteur utilise la pédale d'accélérateur, et pour tourner, il utilise le volant. Ces instruments de contrôle et de rétroaction sont comme l'interface homme-machine (IHM) de la voiture. Maintenant, imaginez si vous pouviez contrôler chaque petit aspect de votre véhicule et obtenir des informations détaillées sur son fonctionnement, le tout sur un écran. Si cela était possible, le tableau de bord de votre voiture ressemblerait encore plus à une IHM. Cela permettrait aux conducteurs de contrôler et de surveiller plus efficacement leur véhicule, ce qui améliorerait la sécurité et les performances de la voiture.

Dans un environnement industriel, une interface homme-machine (IHM) peut prendre différentes formes. Elle peut être constituée d'un écran autonome, d'un tableau de bord attaché à un autre équipement ou même d'une tablette. Quel que soit son format, son objectif principal est de permettre aux utilisateurs de visualiser les données relatives aux opérations et de contrôler les machines.



*Figure II.5: exemple de HMI*

### II.6.1.1 Utilisation d'une IHM

L'utilisation d'une interface homme-machine (IHM) basée sur le texte dans les systèmes SCADA a été courante dans les premières versions des logiciels SCADA. Cette approche permettait aux opérateurs de superviser et de contrôler les processus industriels en utilisant des commandes textuelles et des affichages de données [26].

L'IHM texte présente certains avantages, tels que la simplicité d'utilisation, la légèreté des ressources nécessaires et la compatibilité avec des équipements plus anciens. Cependant, elle peut également présenter des limitations en termes de convivialité et de visualisation des données complexes [27].

Au fil du temps, l'utilisation d'interfaces graphiques plus avancées, telles que les écrans tactiles et les affichages graphiques, est devenue la norme dans les systèmes SCADA modernes. Ces interfaces offrent une représentation visuelle plus intuitive des données et des commandes, ce qui facilite la compréhension et l'interaction de l'opérateur [28].

Il convient de noter que l'utilisation d'une IHM texte peut toujours être présente dans certains scénarios spécifiques où la simplicité et l'efficacité sont privilégiées, par exemple dans les systèmes embarqués ou les environnements à contraintes particulières [29]

### II.6.1.2 Les avantages d'IHM

Les IHM offrent un certain nombre d'avantages aux organisations industrielles actuelles, y compris :

- **Amélioration de la visibilité :**

Une IHM performante améliore la visibilité de vos opérations en affichant la performance de votre équipement ou installation sur un seul tableau de bord. Vous pouvez même accéder à ce tableau de bord à distance pour une surveillance à tout

moment. Cette fonctionnalité permet d'améliorer la productivité et de réagir plus rapidement aux alertes.

- **Augmentation de l'efficacité :**

Avec une IHM, vous pouvez surveiller en temps réel la production et vous adapter à la demande en constante évolution. La visualisation des données, combinée à l'analyse des données, peut vous aider à identifier les domaines où vous pouvez améliorer l'efficacité de vos procédures.

- **Diminution des temps d'arrêt :**

Une IHM avec un tableau de bord central d'alertes permet de réagir rapidement aux problèmes, réduisant les temps d'arrêt. L'affichage et l'analyse des données de performance des équipements peuvent également aider à détecter les signes de problèmes mécaniques à venir, permettant de les résoudre avant qu'ils ne deviennent de gros problèmes

- **Amélioration de l'ergonomie :**

Les IHM simplifient la compréhension des données et des équipements de contrôle en les présentant sous forme de graphiques et de tableaux. Cela facilite leur interprétation rapide par les utilisateurs. Avec zenon, les utilisateurs peuvent également personnaliser leurs tableaux de bord en fonction de leurs besoins et de leurs préférences.

- **Unification du système :**

Avec zenon, la gestion de tous vos équipements est simplifiée grâce à une seule plate-forme de contrôle. Cela permet aux opérateurs d'apprendre plus facilement comment contrôler les équipements et de visualiser toutes les données à un seul endroit, offrant ainsi une vue d'ensemble claire de votre installation. En outre, grâce aux mises à jour en temps réel, tous les utilisateurs sont informés instantanément, ce qui permet à votre équipe de rester synchronisée en permanence.

### II.6.1.3 Exemples concrets d'IHM

Un exemple courant d'IHM est celui d'un distributeur automatique de billets que nous utilisons tous dans la vie quotidienne. Dans ce cas, l'écran et les boutons poussoirs permettent à la machine de distribuer des billets de banque, de déposer de l'argent, entre autres opérations. Les systèmes d'interface homme-machine (IHM) permettent également des opérations technologiques fiables dans toutes les applications, notamment les trains à grande vitesse, les centres d'usinage à commande numérique, les équipements de production de semi-conducteurs et les équipements de diagnostic médical ou de laboratoire [30].

### II.6.2 les Automates Programmables Industriels API

Un Automate Programmable Industriel est une machine électronique, programmable par un personnel non informaticien et destinée à piloter en ambiance industrielle et en temps réel des procédés automatiques.

Les automates programmables industriels ou A.P.I. comme on les appelle le plus souvent ou encore Programmable Logic Controller (PLC en anglais), sont apparus aux Etats-Unis vers 1969 où ils répondaient aux désirs des industries de l'automobile de développer des chaînes de fabrication automatisées qui pourraient suivre l'évolution des technologies et des modèles fabriqués. L'A.P.I. s'est ainsi substitué aux armoires à relais en raison de sa souplesse, mais aussi parce que dans les automatismes de commande complexe, les coûts de câblage et de mise au point devenaient trop élevés [31].

#### II.6.2.1 Domaines d'emploi des automates :

Les API sont largement utilisées dans différents secteurs industriels pour commander les machines, telles que les convoyeurs et les machines d'emballage, ainsi que les chaînes de production, notamment dans les domaines de l'automobile et de l'agroalimentaire. Elles peuvent également être utilisées pour réguler les processus dans des industries comme la métallurgie et la chimie. De plus en plus, les API sont utilisées dans le domaine du bâtiment, que ce soit dans les secteurs tertiaire ou industriel, pour contrôler des éléments tels que le chauffage, l'éclairage, la sécurité et les alarmes.

Les automates textuels sont utilisés dans divers domaines, notamment le traitement automatique du langage naturel, les systèmes d'assistance à la décision, les systèmes de recommandation et l'automatisation industrielle [32]

#### II.6.2.2 Nature des informations traitées par l'automate :

Les informations traitées par un API peuvent être de type :

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

### II.6.2.3 Architecture des A.P.I

#### II.6.2.3.1 Aspect extérieur :

Les automates peuvent être soit de type compact, soit modulaire. Les automates de type compact, également appelés micro-automates, ont intégré le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées / sorties. Ils sont capables de réaliser certaines fonctions supplémentaires, telles que le comptage rapide et les E/S analogiques, et peuvent être étendus en nombre limité. Des exemples d'automates de type compact sont le LOGO de Siemens, le ZELIO de Schneider et le S7-200 de Siemens. Ces automates sont conçus pour commander des petits automatismes

Pour les automates de type modulaire, le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées / sorties sont séparés en unités distinctes (modules) et sont fixés sur un ou plusieurs racks contenant le "fond de panier" (bus plus connecteurs). Le



Figure II.6: Automate modulaire (Modicon)



Figure II.7: Automate compact (LOGO)

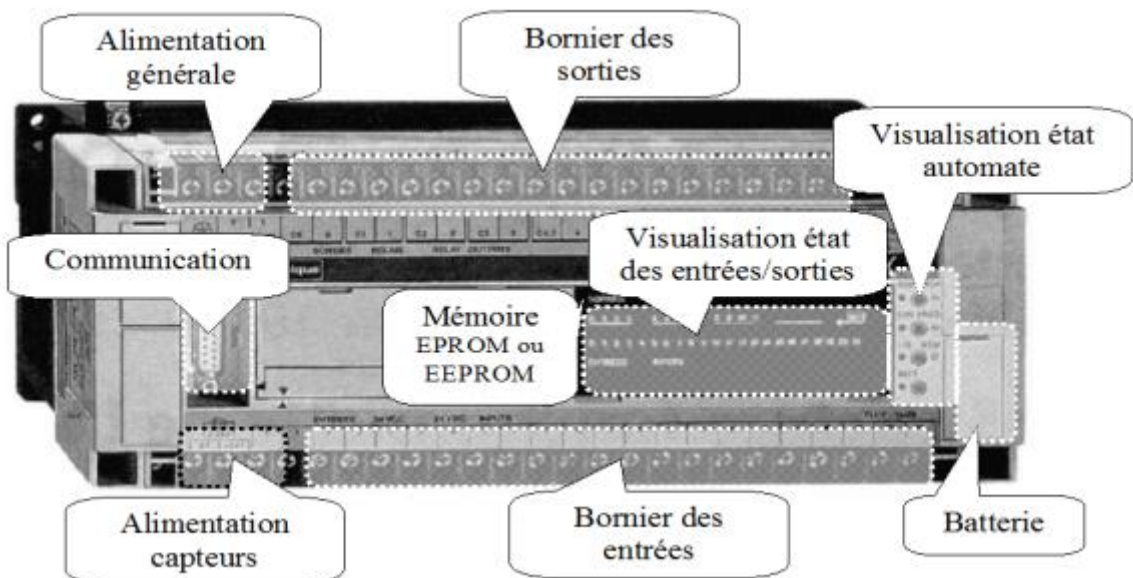


Figure II.8: Structure générale d'un A.P.I

En résumé, les automates de type compact sont simples à utiliser et adaptés pour les petites applications, tandis que les automates de type modulaire conviennent mieux pour les applications plus complexes et les automatismes de grande taille.

### II.6.2.3.2 Structure d'un système complet

La figure suivant représente un A.P.I. avec divers périphériques et auxiliaires qui représentent son environnement :

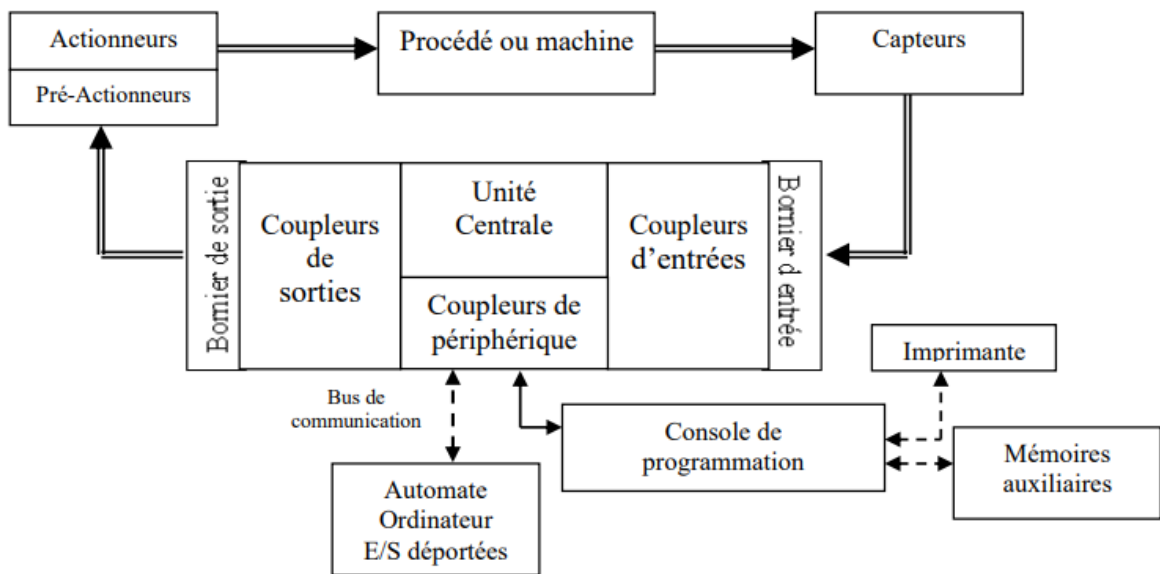


Figure II.9: L'A.P.I et son environnement (= liaisons permanentes ; - temporaire ; --- éventuelle)

### II.6.2.3.3 Structure interne de l'automate

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

- **Une unité centrale**

Une unité centrale d'API n'a pas de signification spécifique. Une API est simplement une interface de programmation qui permet à des logiciels différents de communiquer entre eux. L'API peut être mise en œuvre sur n'importe quelle plateforme, matériel ou logiciel, et n'a donc pas besoin d'une unité centrale spécifique pour fonctionner.

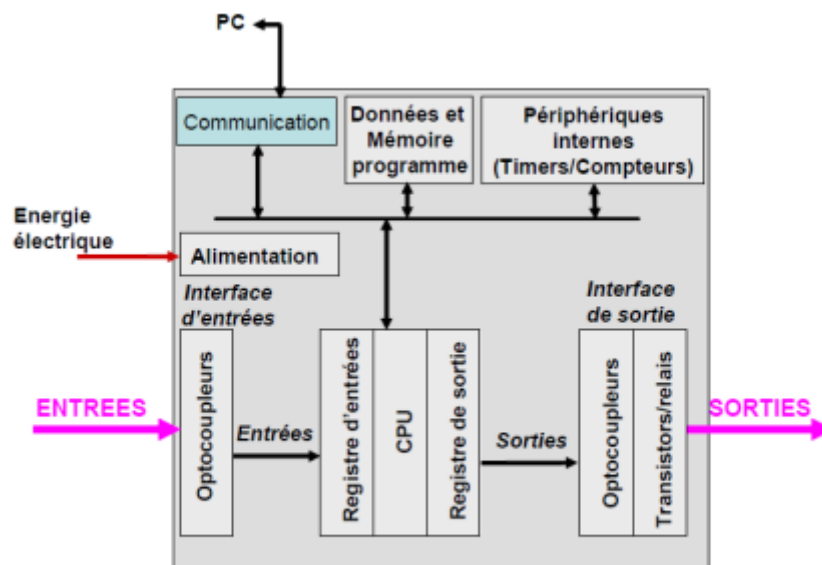
- **Les coupleurs E/S d'API :**

Les coupleurs E/S de API sont des composants matériels ou logiciels qui permettent à une API de communiquer avec des périphériques d'entrée/sortie tels que des capteurs, des actionneurs, des dispositifs de mesure et d'autres équipements similaires.

### Les adaptateurs

Les adaptateurs de périphériques d'API sont des composants matériels ou logiciels qui permettent à une API de communiquer avec des périphériques externes tels que des imprimantes, des scanners, des caméras et d'autres équipements similaires. Ces adaptateurs de périphériques sont souvent nécessaires pour permettre à l'API de contrôler et d'interagir avec des périphériques qui utilisent des protocoles de communication spécifiques ou des interfaces matérielles particulières.

Les adaptateurs de périphériques de API peuvent être de différents types, tels que des adaptateurs Ethernet, USB, série ou parallèle. Ils peuvent également prendre la forme de cartes d'extension ou de modules qui s'insèrent dans un slot d'extension sur un ordinateur ou un autre type de système informatique.



**Figure 5 : Structure interne d'un API**

*Figure II.10: Structure interne d'un API*

### II.6.3 Unité terminale à distance RTU

Une unité terminale distante (RTU) est un dispositif électronique contrôlé par microprocesseur qui agit comme interface entre les équipements du monde physique et un système de contrôle distribué ou un système SCADA (supervision, contrôle et acquisition de données) en

transmettant des données de télémétrie au système maître et en utilisant les messages du système de supervision maître pour contrôler les équipements connectés. D'autres termes utilisés pour désigner une RTU sont l'unité de télémétrie à distance et l'unité de télécontrôle à distance.

### II.6.3.1 Architecture

Un RTU surveille les paramètres numériques et analogiques du terrain et transmet les données à une station maîtresse SCADA. Il utilise un logiciel de configuration pour connecter les flux d'entrée de données aux flux de sortie de données, définir les protocoles de communication et résoudre les problèmes d'installation sur le terrain.

Un RTU peut être constitué d'une carte de circuit complexe composée de diverses sections nécessaires à l'exécution d'une fonction personnalisée, ou peut être constitué de nombreuses cartes de circuit comprenant une unité centrale ou un traitement avec une ou plusieurs interfaces de communication, et une ou plusieurs des cartes suivantes : (AI) entrée analogique, (DI) entrée numérique (état), (DO/CO) sortie numérique (ou relais de commande), ou (AO) carte(s) de sortie analogique.

Un RTU peut même être une petite unité de contrôle de processus avec une petite base de données pour les fonctions PID, d'alarme, de filtrage, de tendance et autres, complétée par quelques tâches de BASIC (langage de programmation). Les RTU modernes supportent généralement la norme de programmation CEI 61131-3 pour les contrôleurs logiques programmables. Étant donné que les RTU peuvent être couramment déployées dans les systèmes de surveillance des pipelines et des réseaux, ou dans d'autres environnements difficiles d'accès ou extrêmes (par exemple dans le projet Biosphère 2), elles doivent fonctionner dans des conditions difficiles et mettre en œuvre des mesures d'économie d'énergie (telles que l'extinction des modules d'E/S lorsqu'ils ne sont pas utilisés). Par exemple, il communique via des liaisons de communication RS485 ou sans fil dans une configuration multipoints. Dans ce type de configuration, il s'agit d'une unité distante qui collecte des données et effectue des tâches de contrôle simples. Il ne comporte pas de pièces mobiles et utilise une puissance extrêmement faible, souvent alimentée par l'énergie solaire [13].

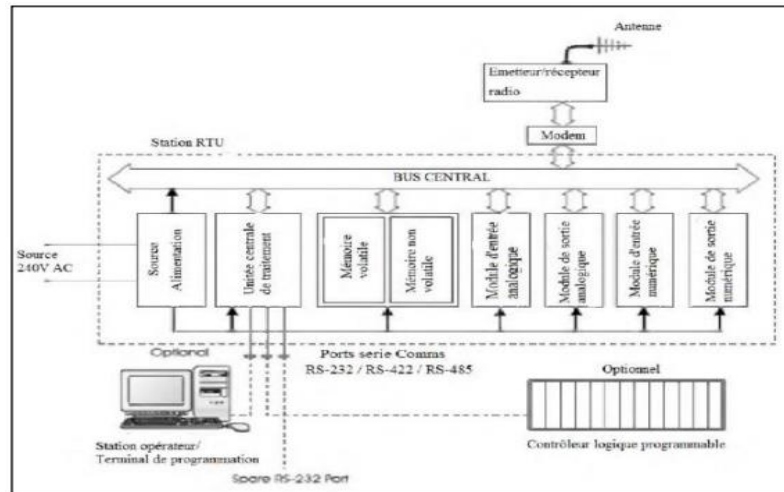


Figure II.11: Schéma générale de RTU

### II.6.4 L'unité de terminal maître MTU

Le système de contrôle et de surveillance industriels peut être décrit comme une station qui dispose de plusieurs postes opérateur, reliés entre eux par un réseau local, connecté à un système de communication. Comme nous venons de l'aborder, l'unité de terminal maître (MTU) joue un rôle essentiel dans ce système. Elle est chargée de recueillir périodiquement les données des instruments de terrain à partir des stations RTU et de permettre la commande à distance via les postes opérateurs.

L'unité de terminal maître est un dispositif électronique commandé par microprocesseur qui agit comme interface entre les équipements du monde physique et le système de contrôle distribué ou le système SCADA en transmettant des données de télémétrie au système maître et en utilisant les messages du système de supervision maître pour contrôler les équipements connectés. En général, l'unité de terminal maître sert également à configurer et programmer les RTU, à diagnostiquer la communication et les stations RTU.

La figure ci-dessous montre un schéma général d'un MTU, qui permet de visualiser les différents composants du système, tels que le processeur, l'interface de communication, l'alimentation électrique, le stockage de données, etc. En utilisant les postes opérateurs, les utilisateurs peuvent surveiller et contrôler les équipements à distance, grâce à l'interface graphique conviviale.

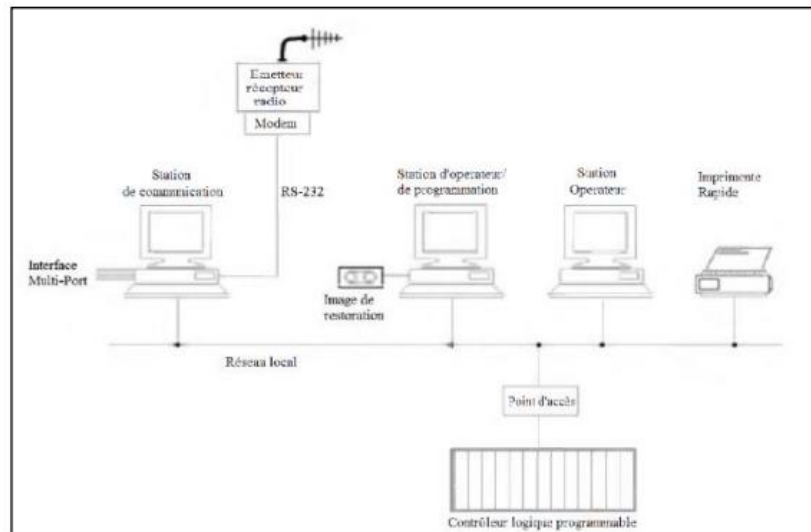


Figure II.12: Schéma générale de MTU

### II.6.5 communications

Il existe différentes architectures de communication pour un système SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), qui permet de surveiller et contrôler des processus industriels à distance. La plus simple est la communication point à point, dans laquelle la communication est établie entre deux nœuds du réseau : l'un est le maître et l'autre est l'esclave.

Une deuxième architecture est la communication multipoint, dans laquelle il y a un maître et plusieurs esclaves. Dans ce cas, le maître envoie des commandes aux différents esclaves, qui peuvent répondre avec des données.

Il existe différentes topologies pour ces modes de communication, qui peuvent être présentées sous forme de schémas. Vous pouvez trouver un exemple de ces topologies dans la figure ci-dessous :

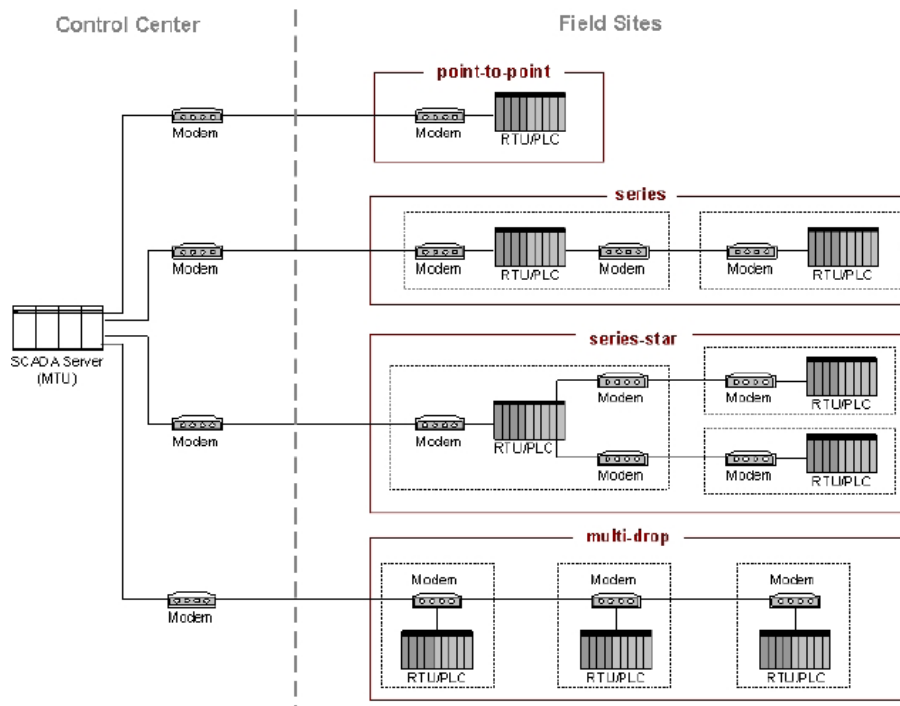


Figure II.13: Topologie de différents modes de communication SCADA

La communication peut être classifiée selon deux approches, la première qui se base sur l'approche d'interrogation et la deuxième est l'approche paire à paire (peer to peer).

### II.7 Les logiciels SCADA

Les logiciels SCADA sont des outils informatiques très utiles dans l'industrie pour surveiller et contrôler à distance des processus industriels. Il existe de nombreux logiciels SCADA sur le marché, chacun ayant ses propres fonctionnalités et avantages, pour répondre aux besoins spécifiques de chaque client. Voici des exemples :

Il existe de autres nombreux logiciels SCADA sur le marché. Voici quelques exemples :

- Wonderware InTouch.
- Inductive Automation Ignition.
- GE Digital iFIX.
- Rockwell Automation FactoryTalk View SE.
- Iconics Genesis64.
- AVEVA System Platform.
- SIMPLICITY HMI/SCADA.
- VTScada.

## Chapitre II : Les systèmes de supervision et de contrôle SCADA

### Siemens WinCC :

Siemens WinCC est l'un des logiciels SCADA les plus populaires sur le marché. Il est développé par Siemens AG, une entreprise multinationale allemande spécialisée dans l'ingénierie électrique et électronique. WinCC est un logiciel SCADA avancé qui permet la surveillance et le contrôle de l'ensemble des processus industriels en temps réel. Il est conçu pour collecter, traiter et afficher des données provenant de capteurs et d'autres équipements de terrain, et permet une régulation précise des processus.

Le logiciel WinCC offre une interface utilisateur graphique intuitive qui permet une visualisation claire des données de production et de l'état des équipements. Il est également doté de fonctionnalités avancées telles que l'analyse des données, la surveillance à distance, la gestion des alarmes et des événements, ainsi que la communication avec d'autres systèmes de contrôle-commande.

WinCC est disponible en différentes versions pour répondre aux besoins spécifiques des clients, de la version de base pour les applications simples à la version avancée pour les applications complexes.

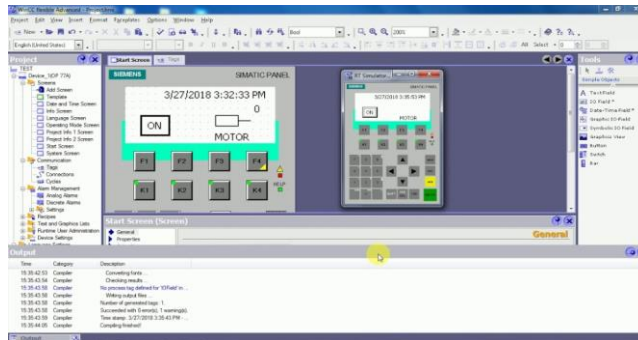


Figure II.14: interface de logiciel wincc

### SIMATIC Step7 :

SIMATIC Step 7 est un logiciel de programmation développé aussi par Siemens AG pour la programmation de systèmes automatisés. Ce logiciel est utilisé pour programmer des automates programmables industriels (API), des systèmes de commande de processus, des systèmes SCADA et d'autres systèmes de contrôle industriels.

SIMATIC Step 7 offre une interface utilisateur conviviale pour la programmation des API et des autres systèmes de contrôle industriels. Il permet de programmer des tâches complexes en utilisant un langage de programmation graphique appelé "ladder logic" ou "langage à contacts" ainsi que d'autres langages de programmation standardisés tels que le langage de programmation C.

## Chapitre II : Les systèmes de supervision et de contrôle SCADA

Le logiciel SIMATIC Step 7 dispose également de fonctionnalités avancées telles que la gestion des variables, la configuration des entrées/sorties, la surveillance des processus, la communication avec d'autres systèmes de contrôle-commande, etc.

SIMATIC Step 7 est compatible avec une large gamme d'automates programmables industriels de Siemens AG, tels que SIMATIC S7-1200, SIMATIC S7-1500, SIMATIC S7-300, SIMATIC S7-400, etc. Il est également compatible avec d'autres systèmes de contrôle-commande tels que les systèmes SCADA de Siemens WinCC.

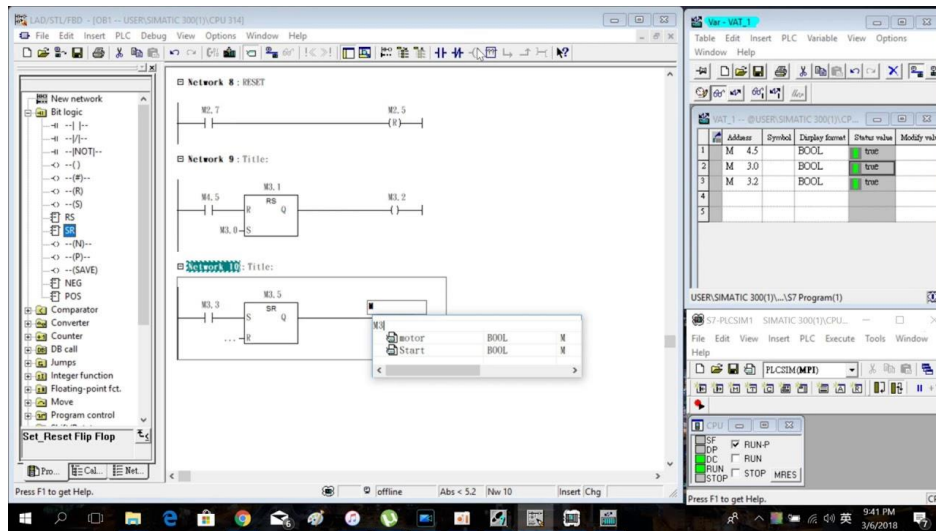


Figure II.15: interface de logiciel step7

### II.8 TIA Portal

La plateforme Totally Integrated Automation Portal est le nouvel environnement de travail Siemens qui permet de mettre en œuvre des solutions d'automatisation avec un système d'ingénierie intégré comprenant les logiciels SIMATIC STEP 7 V11 et SIMATIC WinCC V11 (dans la version du programme disponible au CTA de Virton).

#### II.8.1 Vue du portail et vue du projet

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

- **La vue du portail** : elle est axée sur les tâches à exécuter et sa prise en main est très rapide.
- **La vue du projet** : elle comporte une arborescence avec les différents éléments du projet.

Éditeurs requis s'ouvrent en fonction des tâches à réaliser. Données, paramètres et éditeurs peuvent être visualisés dans une seule et même vue

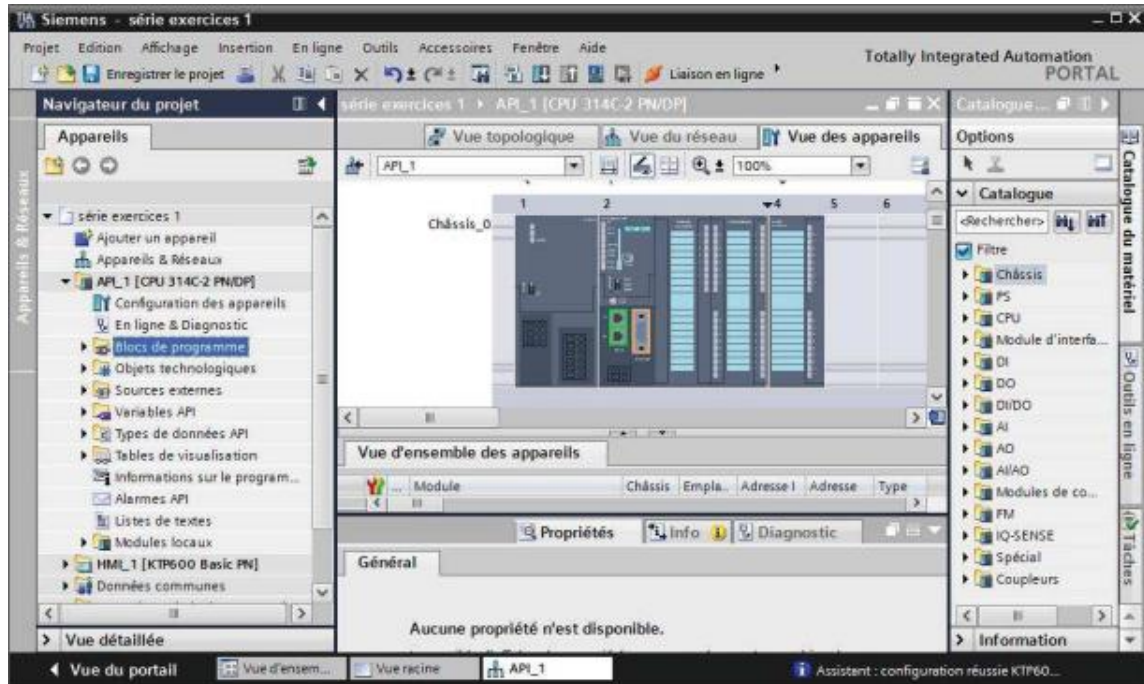


Figure II.16: vue de projet

### II.8.1.1 Vue du portail

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

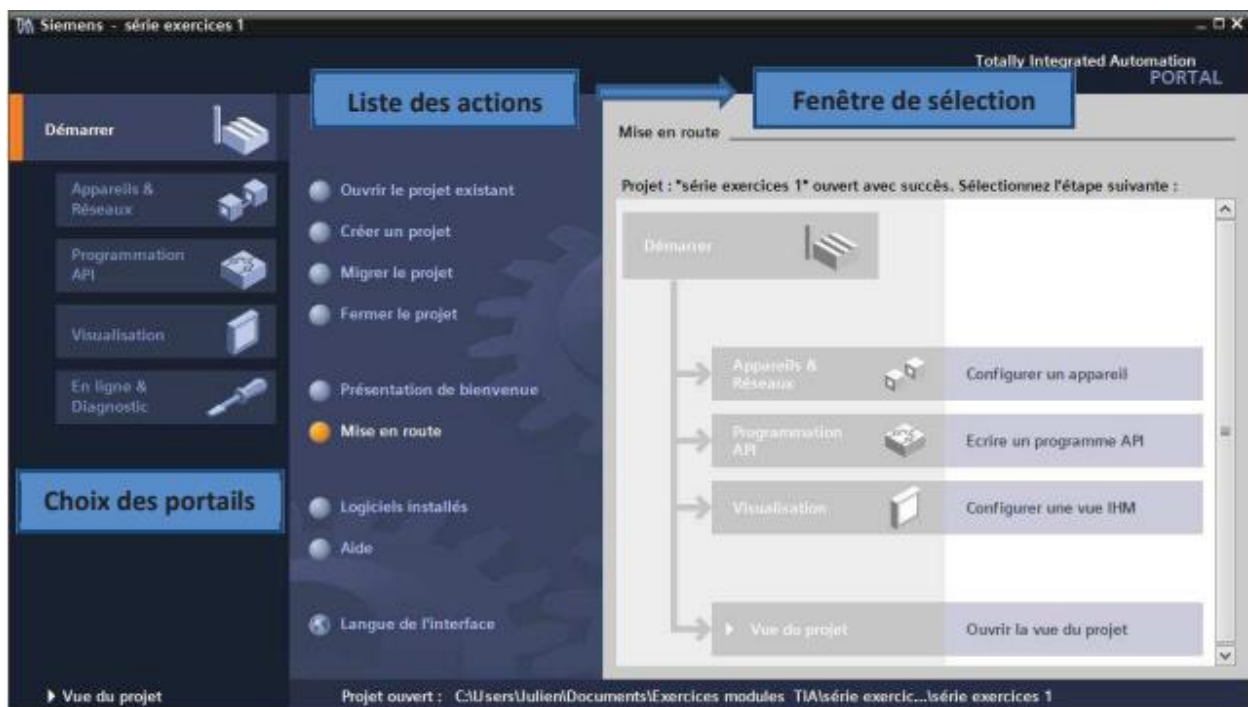


Figure II.17: vue de portail

### II.8.1.2 Vue du projet

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

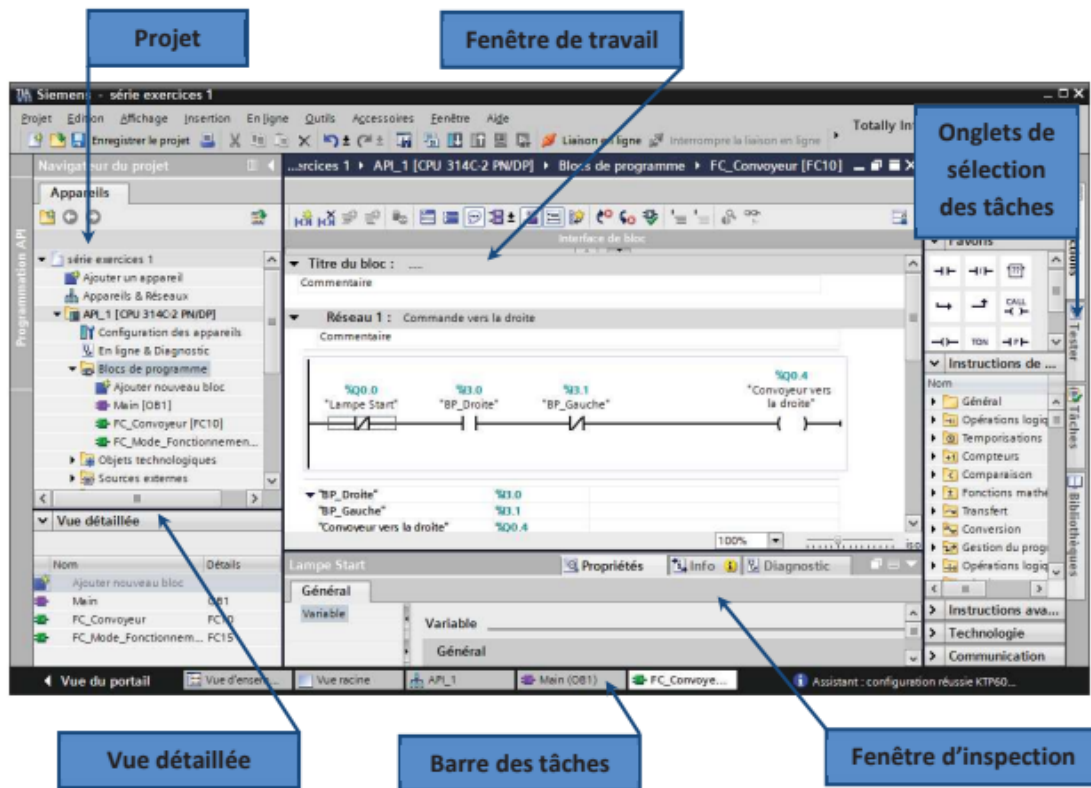


Figure II.18: vue de projet

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 Æ bibliothèques des composants, bloc de programme Æ instructions de programmation).

Cet environnement de travail contient énormément de données. Il est possible de masquer ou réduire certaines de ces fenêtres lorsque l'on ne les utilise pas.

Il est également possible de redimensionner, réorganiser, désancrer les différentes fenêtres.

### II.8.2 Création d'un projet et configuration d'une station de travail

#### II.8.2.1 Création d'un projet

Pour créer un projet dans la vue du portail, sélectionnez "Créer un projet". Vous pouvez spécifier le nom du projet, choisir son emplacement de stockage, ajouter un commentaire et définir l'auteur. Après avoir saisi ces informations, cliquez simplement sur "créer".

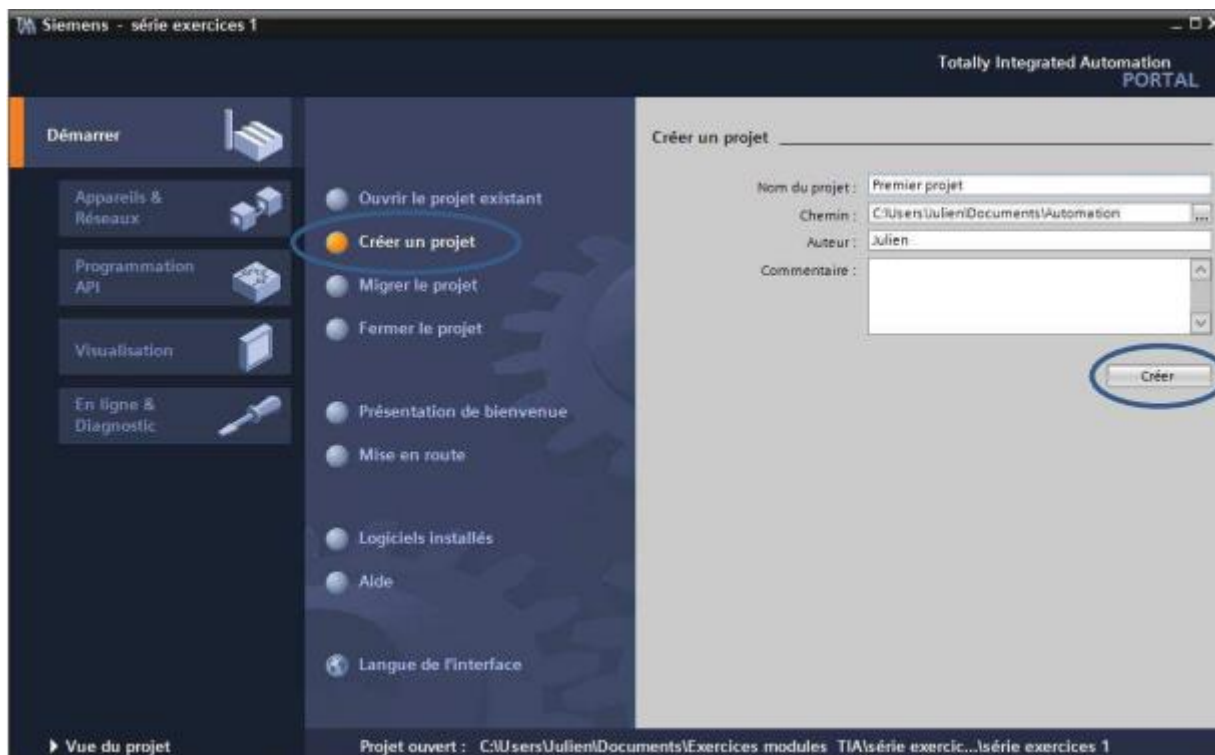


Figure II.19: création d'un projet

#### II.8.2.2 Configuration et paramétrage du matériel

Une fois votre projet créé, vous pouvez configurer la station de travail. La première étape consiste à définir le matériel existant. Pour ce faire, accédez à la vue du projet et cliquez sur "Ajouter un appareil" dans le navigateur du projet. Une liste des éléments disponibles à ajouter apparaîtra (API, HMI, système PC). Commencez par choisir votre CPU, puis ajoutez les modules complémentaires tels que l'alimentation, les E/S TOR ou analogiques, le module de communication AS-i, etc.

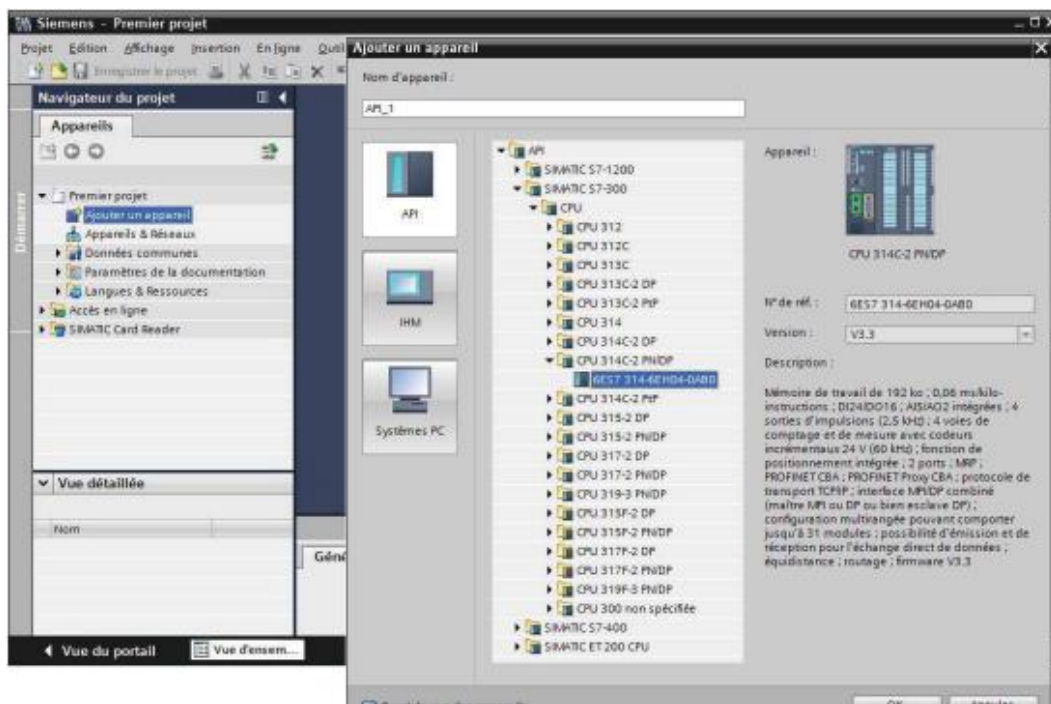


Figure II.20: Configuration et paramétrage du matériel

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.

Lorsque l'on sélectionne un élément à insérer dans le projet, une description est proposée dans l'onglet information.

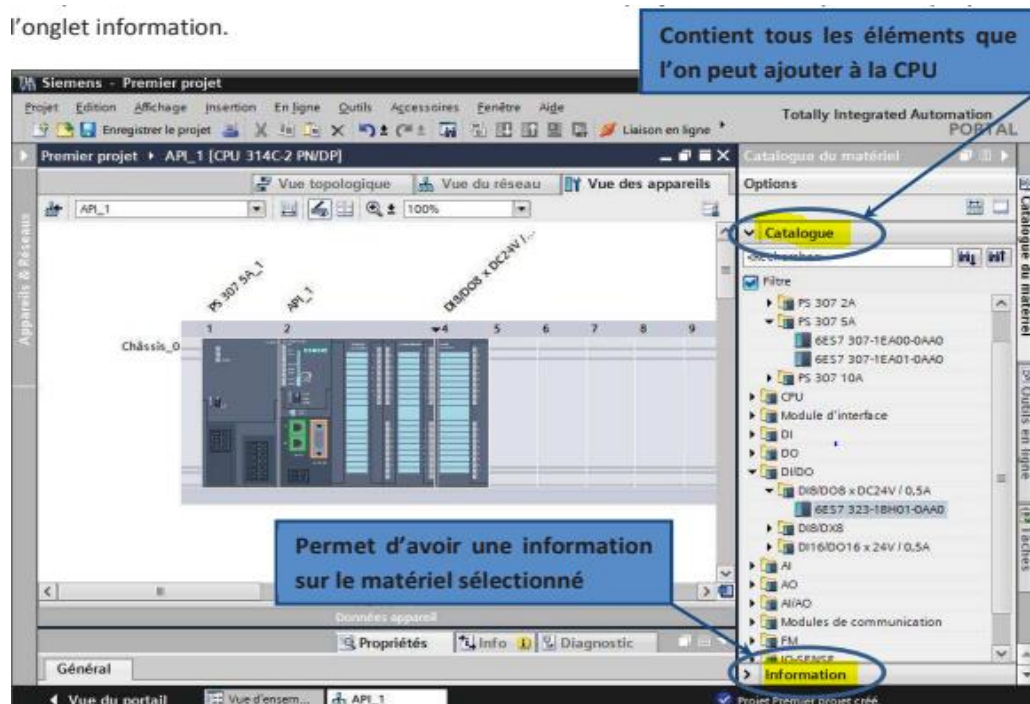


Figure II.21: Configuration et paramétrage du matériel

### II.8.3 Les variables API

#### II.8.3.1 Adresses symbolique et absolue

Dans TIA Portal, toutes les variables globales (entrées, sorties, mémentos,..) possède 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).

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.

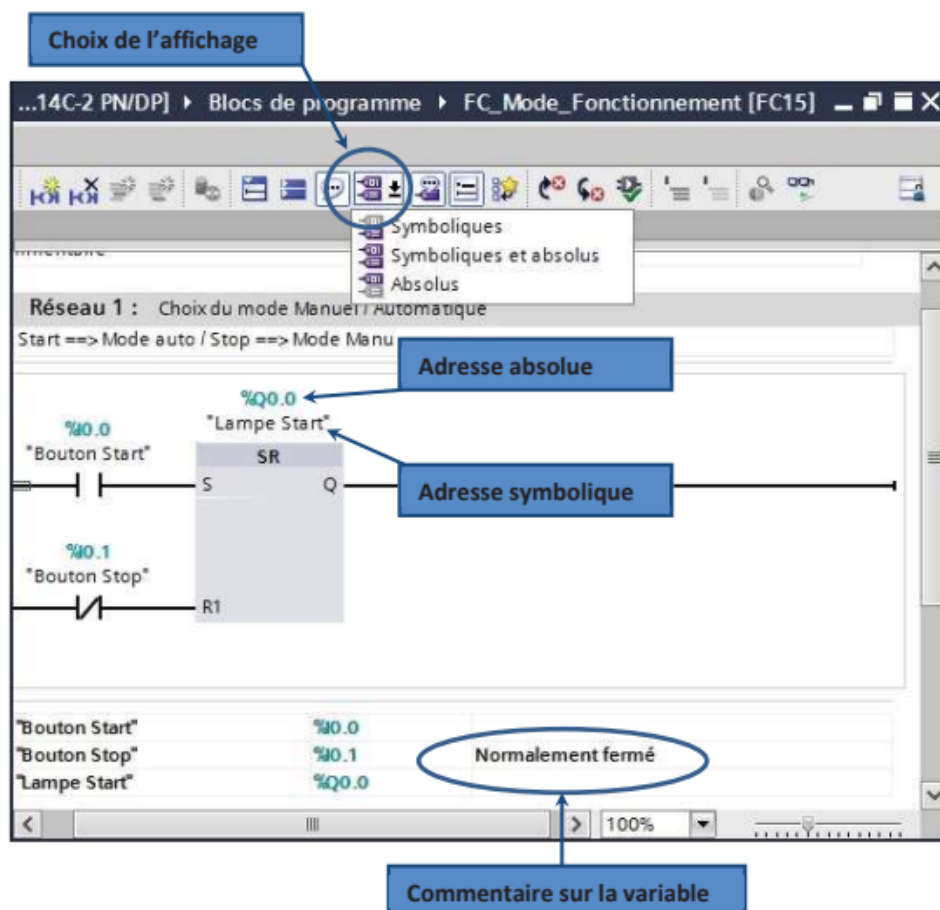


Figure II.22: Adresses symbolique et absolue

### II.8.3.2 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 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.

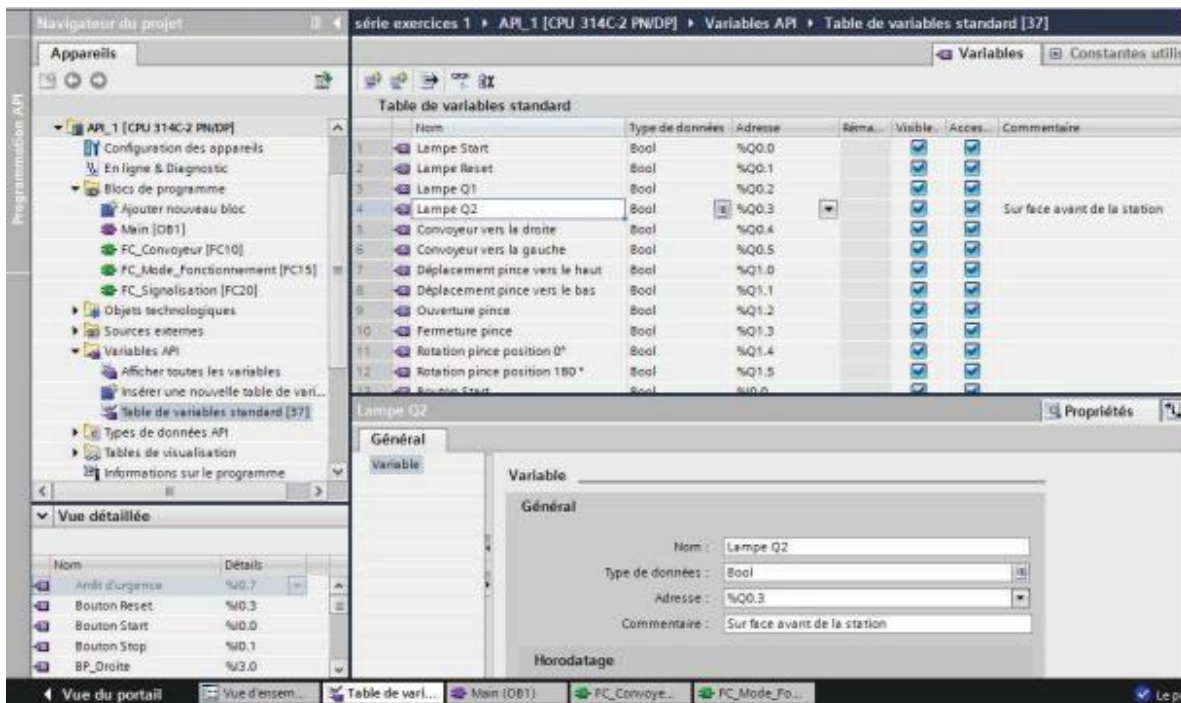


Figure II.23: table des variable API

## II.9 conclusion

En conclusion, les systèmes de supervision et de contrôle SCADA, comprenant des éléments tels que les API, les HMI et le logiciel TIA Portal, sont des outils indispensables pour la gestion efficace des processus industriels. Les API permettent l'intégration transparente de différentes applications et systèmes, facilitant ainsi la collecte et l'échange de données essentielles. Les interfaces HMI offrent une visualisation conviviale des processus industriels, permettant aux opérateurs de surveiller et de contrôler les installations de manière intuitive. Quant au logiciel TIA Portal, il offre une plateforme intégrée pour la configuration, la programmation et la visualisation

## **Chapitre II : Les systèmes de supervision et de contrôle SCADA**

---

des systèmes SCADA, simplifiant ainsi le développement et la maintenance des applications industrielles. En combinant ces éléments, les systèmes SCADA offrent une solution complète pour la surveillance et le contrôle des processus, améliorant l'efficacité opérationnelle, la sécurité et la productivité des installations industrielles. Avec les avancées continues dans le domaine de la technologie, les systèmes de supervision et de contrôle SCADA continueront d'évoluer pour répondre aux besoins changeants de l'industrie et offrir des solutions de surveillance et de contrôle de pointe.

# Chapitre III

## **Description du system étudie**

### III.1 Introduction

Dans cette troisième partie, nous allons approfondir notre étude sur le contrôle de supervision et le système SCADA. Le but est de mettre en pratique les connaissances théoriques acquises dans les parties précédentes. Dans la première partie, nous allons donner une vue d'ensemble sur notre stage, qui a été spécialement réalisé pour ce mémoire, à la station de traitement d'eau du barrage de Babar. Cette station de traitement d'eau utilise un système SCADA pour surveiller et contrôler le processus de traitement de l'eau. Nous allons décrire les différents composants de ce système, ainsi que les avantages qu'il offre en termes de surveillance et de contrôle en temps réel.

Nous allons mettre en pratique les connaissances acquises lors de notre étude sur le contrôle de supervision et le système SCADA. Nous allons créer un projet SCADA miniature qui nous permettra de présenter de manière concrète les différents aspects abordés dans notre mémoire.

En somme, cette troisième partie vise à mettre en pratique les connaissances théoriques acquises sur le contrôle de supervision et le système SCADA. Nous espérons ainsi contribuer à la compréhension et à l'application pratique de ces concepts pour améliorer les processus de traitement de l'eau et de nombreux autres domaines d'application.

### III.2 Étude d'un système SCADA dans une station de traitement d'eau

#### III.2.1 Présentation de la station

La station de traitement d'eau de Barrage Babar est un complexe majeur situé dans la ville de Babar, dans la wilaya de Khenchela. Elle se compose d'un ensemble d'installations et d'équipements de pointe, dont la plupart sont gérés par des ingénieurs spécialisés dans des domaines tels que l'automatique, les communications et la chimie.

La station de traitement d'eau est chargée de purifier et de pomper environ 3 millions de mètres cubes d'eau chaque année, grâce à l'utilisation de techniques de pointe pour garantir la qualité de l'eau. Cette eau traitée est ensuite distribuée vers différentes villes et fermes de la wilaya de Khenchela, où elle est utilisée pour l'irrigation, la consommation humaine et d'autres fins.

La station de traitement d'eau de Barrage Babar dépend principalement du système SCADA, un système de contrôle et d'acquisition de données qui permet aux ingénieurs et techniciens de surveiller et de contrôler les opérations de la station à distance. Ce système est

essentiel pour garantir que les opérations de la station se déroulent sans problème et que la qualité de l'eau est maintenue.

Le traitement de l'eau à la station passe par plusieurs étapes, allant de la préparation initiale de l'eau brute à sa désinfection finale avant d'être pompée vers les différents endroits de distribution. Les ingénieurs et techniciens de la station travaillent en étroite collaboration pour garantir que chaque étape du processus est optimisée et que la qualité de l'eau répond aux normes les plus élevées.

En somme, la station de traitement d'eau de Barrage Babar joue un rôle crucial dans la distribution d'eau de qualité à travers la wilaya de Khenchela, grâce à l'utilisation de techniques de pointe et au travail acharné de ses ingénieurs et techniciens hautement qualifiés.



*Figure III.1: Barrage de Babar*

### III.2.1.1 La salle de contrôle

La salle de contrôle du barrage de Babar est une salle située dans l'administration de la station, équipée de deux ordinateurs hautement performants qui fonctionnent en alternance. Il y a également deux grands écrans qui affichent le système SCADA, ainsi qu'une boîte contenant un PLC Schneider qui reçoit des informations de tous les capteurs dans la station.

### III.2.1.2 Le schéma général de la station

Le schéma général dans le système SCADA pour la station représente une vue globale de la station et de ses composants, ce qui permet une supervision complète de la station et de se déplacer à travers chaque partie séparément. C'est l'interface qui est affichée à l'écran pendant les heures de travail automatisé.

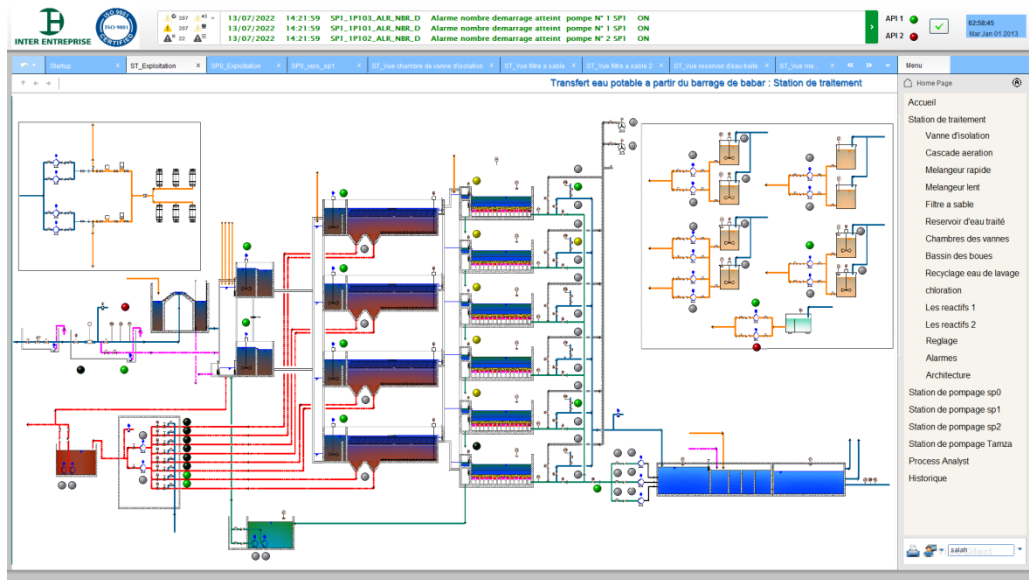


Figure III.2 : Le schéma général de la station

### III.2.2 la partie matérielle

#### III.2.2.1. Les type de capteurs utilisés

Les capteurs sont largement utilisés dans la station, où le capteur de niveau est plus présent et qui capture le niveau d'eau à chaque étape. Il existe également plusieurs capteurs, notamment un capteur de pH et un capteur de turbidité. Ces capteurs transmettent les informations au PLC via des câbles jusqu'à la boîte de commande dans la salle de contrôle.



Figure III.3 : PH mètre



Figure III.4 : capteur de niveau

### III.2.2.2 La boîte de commande

La boîte de commande est située dans la salle de contrôle et contient 2 PLC de type Schneider et Switcher. Les PLC reçoivent le signal de deux façons: la première est par le biais de câbles dédiés pour recevoir le signal des parties proches de la station, et la deuxième est par connexion sans fil pour recevoir le signal des stations distantes subordonnées à la station principale.

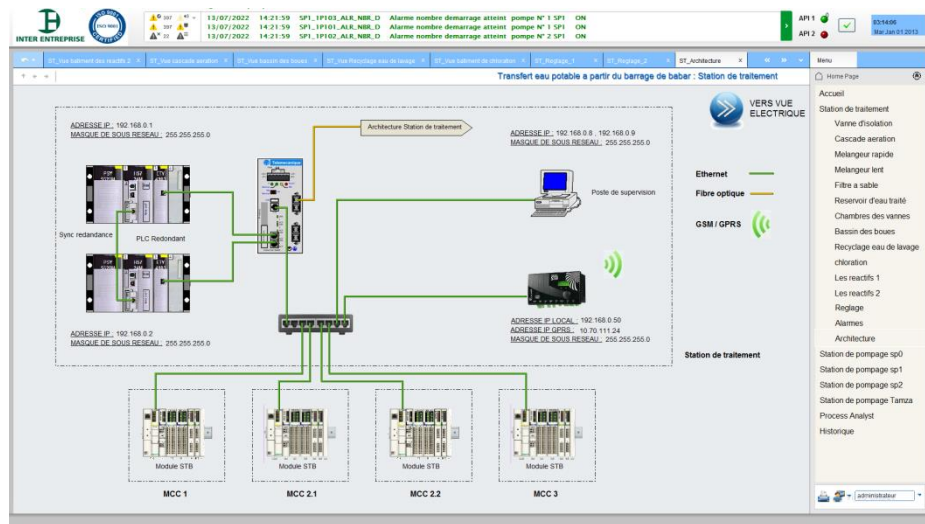


Figure III.5 : architecture de câblage

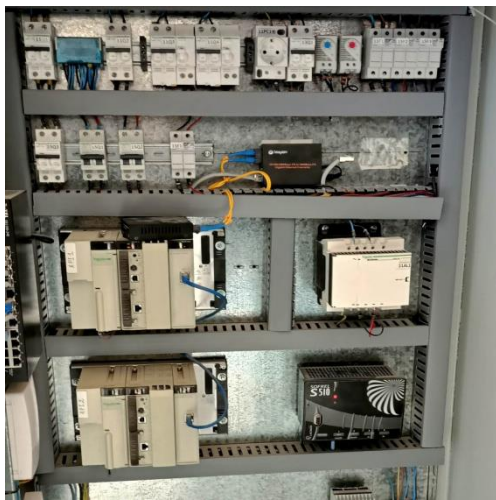


Figure III.6 : La boîte de commande



Figure III.7 : PLC Schneider

### III.2.3 Les étapes de traitement de l'eau

#### III.2.3.1 vanne d'isolation

La vanne d'isolation est la première étape de la filtration. Après l'ouverture de la vanne dans la chambre de vanne de réduction de pression, l'eau s'écoule du barrage vers la chambre de

## Chapitre III : Description du system étudié

débitmètre la fug ci-dessous. Dans cette chambre, le technicien peut contrôler la quantité qui s'écoule à travers le débitmètre en fonction des besoins. Les vannes peuvent être automatiquement contrôlées par programmation via le système SCADA, ou contrôlées manuellement en cas de panne.

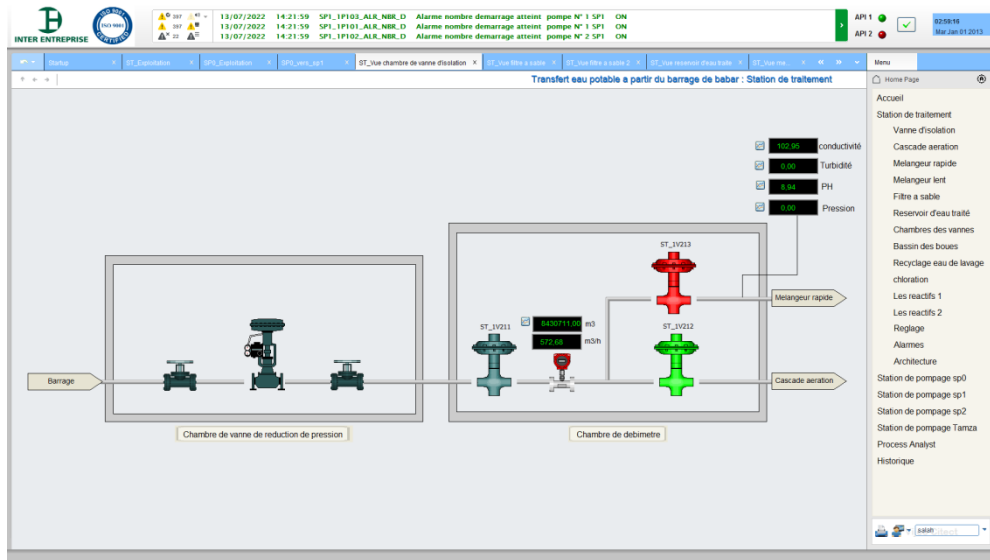


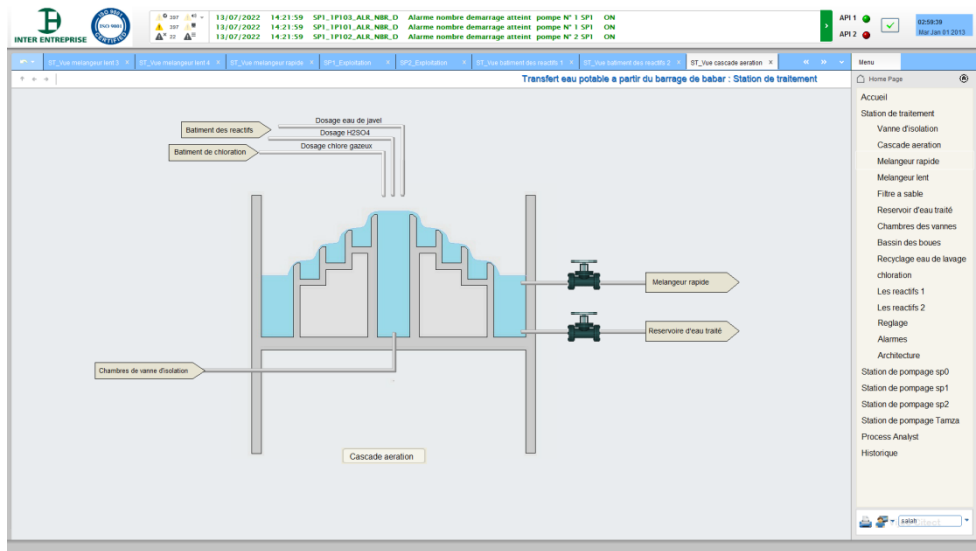
Figure III.8 : vanne d'isolation



Figure III.9 : débitmètre

### III.2.3.2 cascade d'aération

Une fois l'eau parvenue à cette étape, elle est aérée dans une cascade et des produits chimiques tels que le chlore gazeux et le javel sont ajoutés automatiquement en quantités déterminées en fonction du débit, comme illustré dans les deux images ci-dessous.



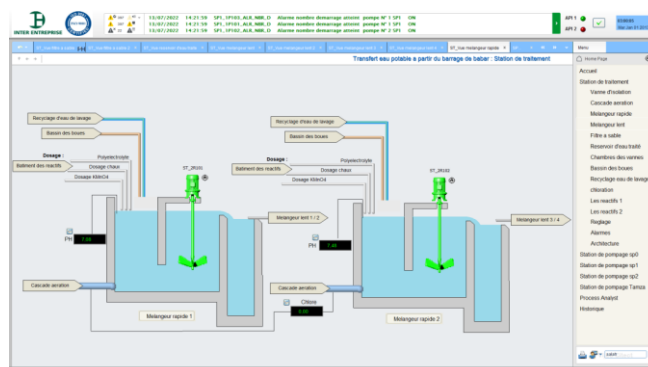
*Figure III.10: cascade d'aération en SCADA*



*Figure III.11: cascade d'aération photo réaliste*

### III.2.3.3 Les mélangeurs rapides

Le mélangeur rapide, dont il y en a deux, réalise un mélange rapide des eaux contaminées et des produits chimiques ajoutés à l'aide d'un moteur asynchrone. De plus, nous pouvons avoir PH de l'eau à cette étape.



*Figure III.12: Les mélangeurs rapides*

### III.2.3.4 Le mélangeur lent

Le mélangeur lent est probablement la phase la plus importante de la filtration. Après l'arrivée de l'eau des mélangeurs rapides, elle entre dans la première chambre où elle est bien mélangée avec les produits chimiques ajoutés. Après le mélange, les chaînes de saletés sont cassées et l'eau passe à la deuxième chambre, qui contient un filtre permettant d'isoler l'eau claire, qui flotte et se dirige vers l'étape suivante. Quant aux liens de saleté, ils descendent dans une petite chambre en dessous et sont évacués à travers un racleur et éliminés.

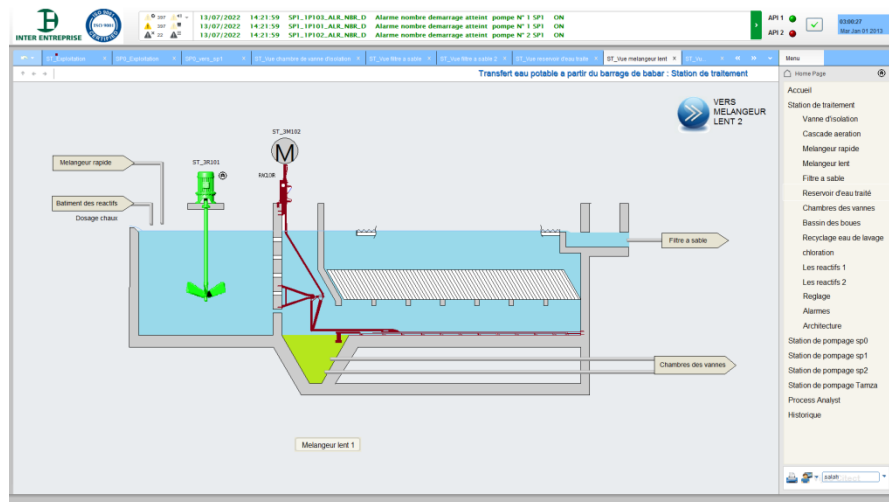


Figure III.13: le mélangeur lent

### III.2.3.5 Les filtres à sable

Les filtres à sable, au nombre de 6, filtrent l'eau en utilisant du sable de qualité spéciale. Ces filtres disposent également d'un système automatique de lavage à l'eau et à l'air.

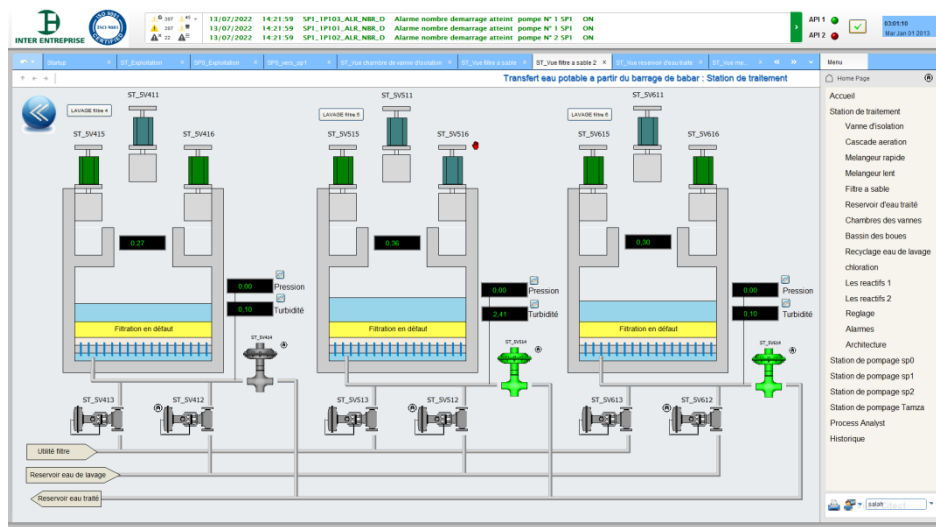


Figure III.14: Les filtres à sable en SCADA



Figure III.15: Les filtres à sable photo

### III.2.3.6 La chambre des produits chimiques

La chambre des produits chimiques est l'endroit où l'on contrôle la proportion des produits chimiques (polymère, javel, chlore) ajoutés en fonction du débit d'eau. Cette proportion est entrée par l'automaticien et est déterminée par un ingénieur chimiste.

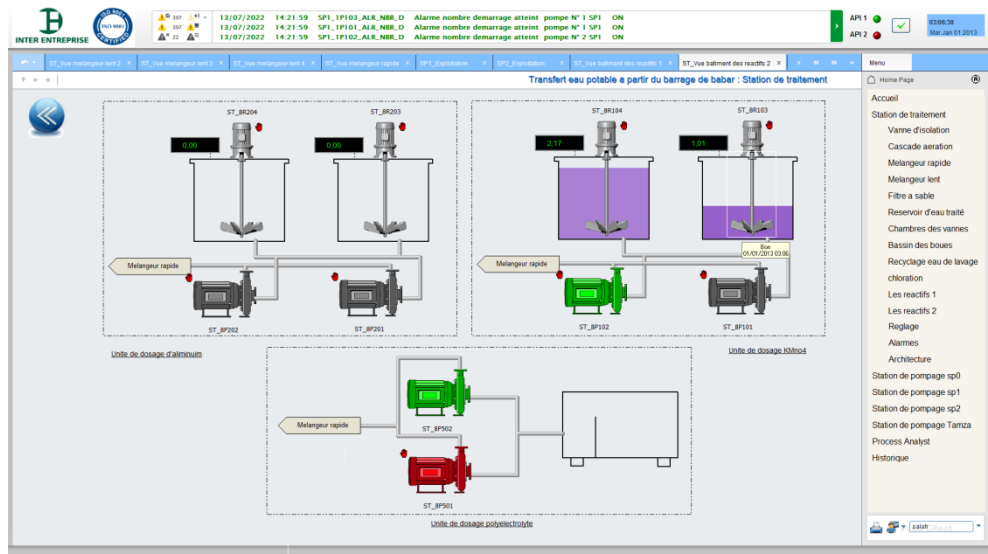
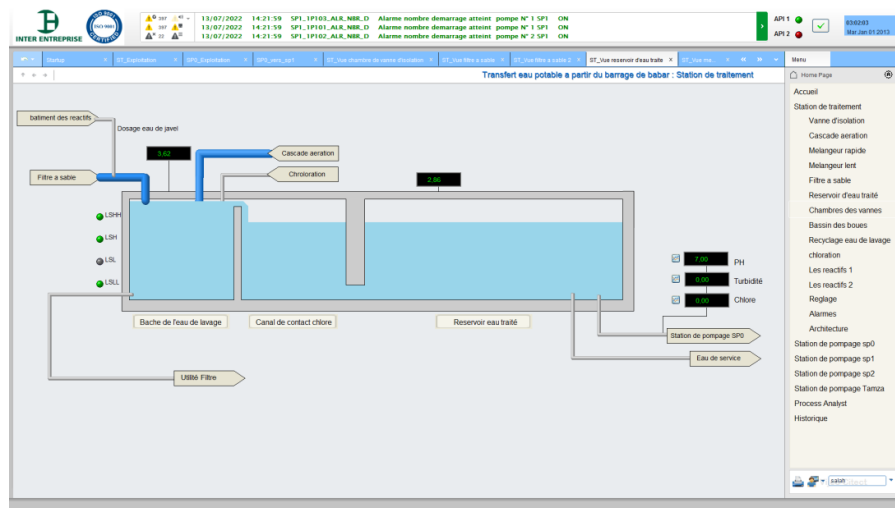


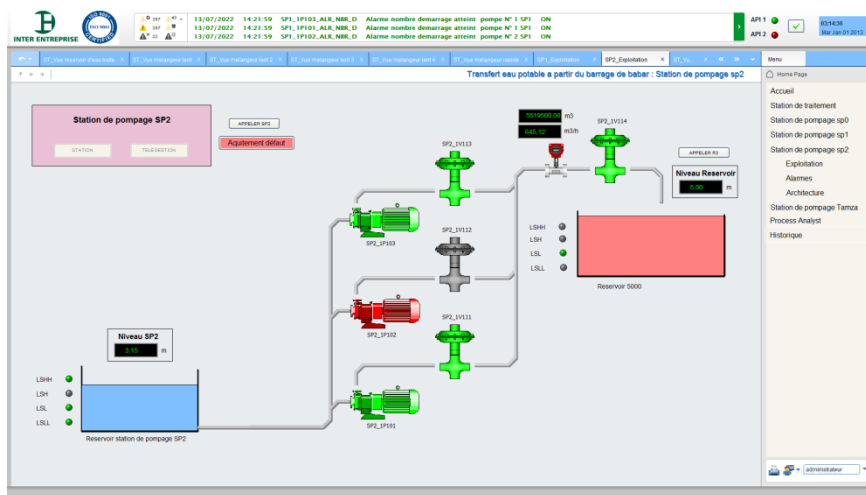
Figure III.16: La chambre des produits chimiques

### III.2.3.7 Le réservoir d'eau traitée

Le réservoir d'eau traitée est la dernière station de traitement de l'eau avant le pompage, le réservoir ayant une capacité de 4000 mètres cubes, après quoi l'eau est pompée vers les stations de pompage secondaires.



*Figure III.17: Le réservoir d'eau traitée*



*Figure III.18: pompée vers les stations de pompage secondaires.*

### III.3 Application SCADA pour projet de traitement d'eau

À travers le principe de fonctionnement du système SCADA dans une station de traitement des eaux à la retenue de Barrage de Babar, nous avons décidé de créer un projet de simulation de la phase de filtration par sable décrite précédemment, à l'aide du logiciel TIA Portal.

Ce projet consiste en une petite station de traitement des eaux où la première pompe l'eau du réservoir principal vers le filtre à sable. Ensuite, l'eau passe du filtre à sable vers le débitmètre, qui nous permet de contrôler le débit de l'eau. Ensuite, l'eau passe par un autre filtre avant d'arriver au filtre thermique, où elle est filtrée par évaporation. Ensuite, elle passe par un autre filtre avant d'être versée dans le réservoir d'eau traitée, puis cette eau est dirigée vers la consommation. Les deux réservoirs sont équipés de capteurs pour mesurer le niveau d'eau, et il y a deux débitmètres qui nous permettent de connaître le débit de l'eau. Il y a également quatre boutons sur l'écran : le

bouton de démarrage, le bouton d'arrêt et le bouton de fermeture du système. Les couleurs changent en fonction des états de fonctionnement, d'arrêt et du débit de l'eau.

### III.3.1 les étapes de création de projet

Pour créer le projet, nous allons nommer le projet, définir l'emplacement de sauvegarde, et ajouter le nom du créateur ainsi que la description, comme indiqué précédemment. Nous avons nommé le projet "Filtration de l'eau", comme illustré dans l'image suivante:

"Projet : Filtration de l'eau

Emplacement de sauvegarde : C:\Projets\Filtration\_de\_l'eau

Créateur : [Nom du créateur]

Description : Ce projet consiste en une simulation d'une station de traitement des eaux utilisant un système de filtration par sable. Il comprend une pompe, des filtres, des débitmètres et des réservoirs, ainsi que des capteurs pour mesurer le niveau d'eau. Le système est contrôlé à l'aide de boutons sur un écran, avec des indicateurs visuels pour les différentes étapes de fonctionnement et le débit de l'eau."

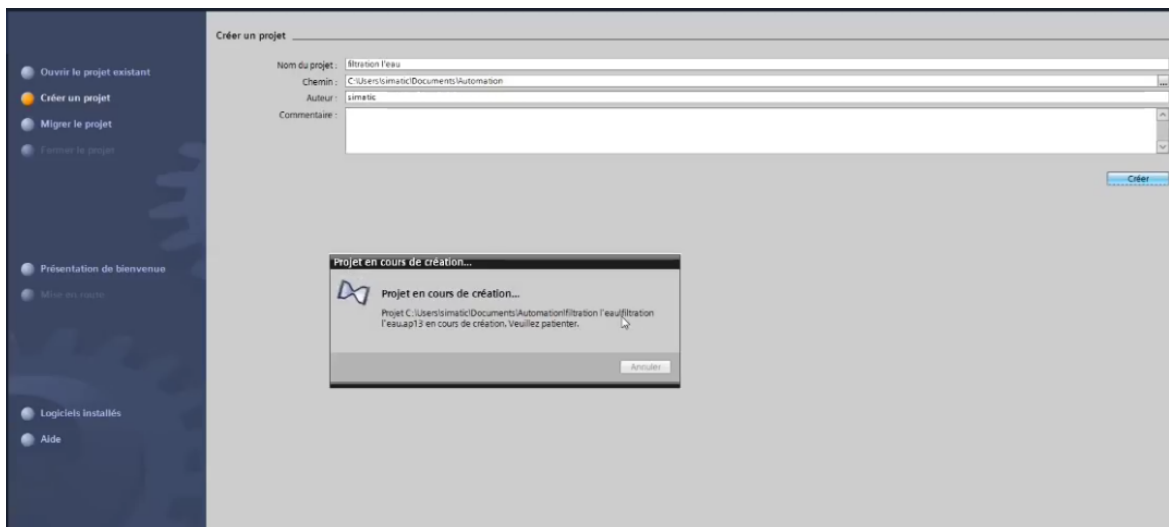


Figure III.19: création de projet

#### III.3.1.1 Le type de l'API

Sur cette page, nous sélectionnons le type de API avec soin en fonction des besoins du projet à créer. Nous avons choisi un API de type CPU 314C. Le choix du type de API pour le système SCADA doit être effectué avec précision afin d'assurer un fonctionnement fluide et de garantir des

coûts aussi bas que possible. Étant donné que notre projet est relativement petit, nous avons opté pour un contrôleur approprié en fonction des besoins spécifiques du projet.

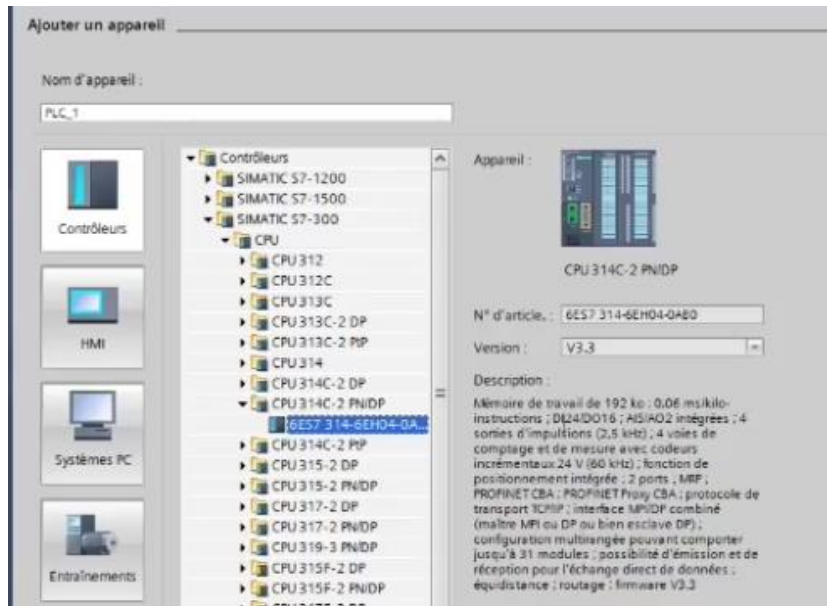


Figure III.20: création de projet

### III.3.1.2 Saisir des variables

Ensuite, nous dirigeons vers "Afficher toutes les variables" afin de saisir toutes nos variables Ici, nous saisissons toutes les variables et leurs adresses pour les programmer ultérieurement. Toutes nos variables sont les deux pompes (Pompe1 et Pompe2), les capteurs de niveau d'eau (CapteurNiveau1 et CapteurNiveau2), ainsi que le bouton de démarrage et d'arrêt (Bouton Démarrage et Bouton Arrêt).

Variables API								
	Nom	Table des variables	Type de données	Adresse	Réma...	Visibl...	Acces...	Commentaire
1	arrêt	Table de variables s.	Bool	%M0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	marche	Table de variables s.	Bool	%M0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	pompe	Table de variables s.	Bool	%M0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	pompe 2	Table de variables s.	Bool	%M0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	FC HAUT	Table de variables s.	Bool	%M0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	FC BAS	Table de variables s.	Bool	%M0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	FC H	Table de variables s.	Bool	%M0.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	FC B	Table de variables s.	Bool	%M0.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	<input type="text" value="BOUTON"/>					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figure III.21: Les variables d'API

### III.3.1.3 Programmation d'API

Maintenant, nous entrons dans l'une des étapes les plus importantes de la construction d'un projet SCADA, qui est la programmation de l'API. Nous avons donc commencé par programmer les variables que nous avons précédemment introduites, qui servent d'entrées à l'API. Nous avons programmé six réseaux à l'aide de la programmation ladder, et cette programmation est responsable de l'automatisation ultérieure du système, ainsi que de l'intervention manuelle. Elle est l'élément moteur du système.

Et parmi les variables programmées, on trouve les deux pompes, la première et la deuxième, le bouton de démarrage, le bouton d'arrêt, ainsi que les capteurs supérieurs et inférieurs pour chaque réservoir.

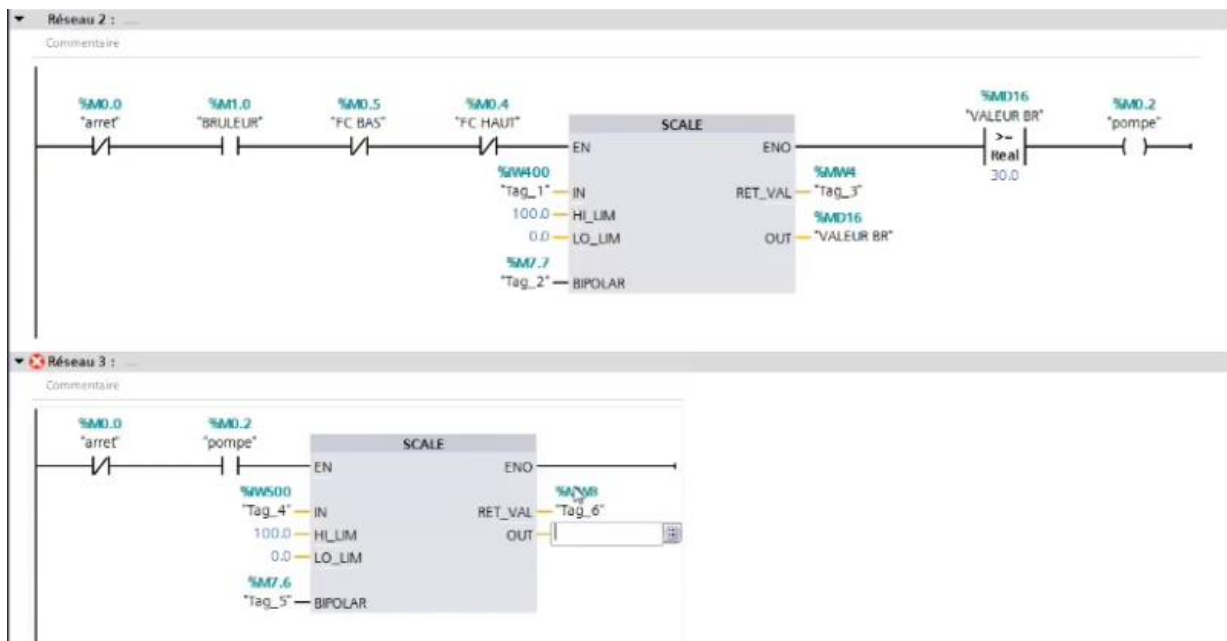


Figure III.22: programmation LADDER pour l'API

Une fois que nous avons terminé la programmation de l'API, nous avons commencé à attribuer des valeurs aux entrées à travers la fenêtre ci-dessous, afin de vérifier que la programmation fonctionne correctement et sans erreurs.



Figure III.23: Attribue de valeur

### III.3.1.4 La liaison

Après avoir terminé la programmation et vérifié qu'elle fonctionne correctement, l'étape suivante consiste à configurer la connexion entre l'API et IHM. Nous avons établi une connexion filaire entre les deux.

Quant aux adresses, une fois que vous avez sélectionné le type d'IHM, le logiciel TIA Portal se chargera de les configurer automatiquement. Ces adresses peuvent être modifiées manuellement facilement à partir de la fenêtre suivante.

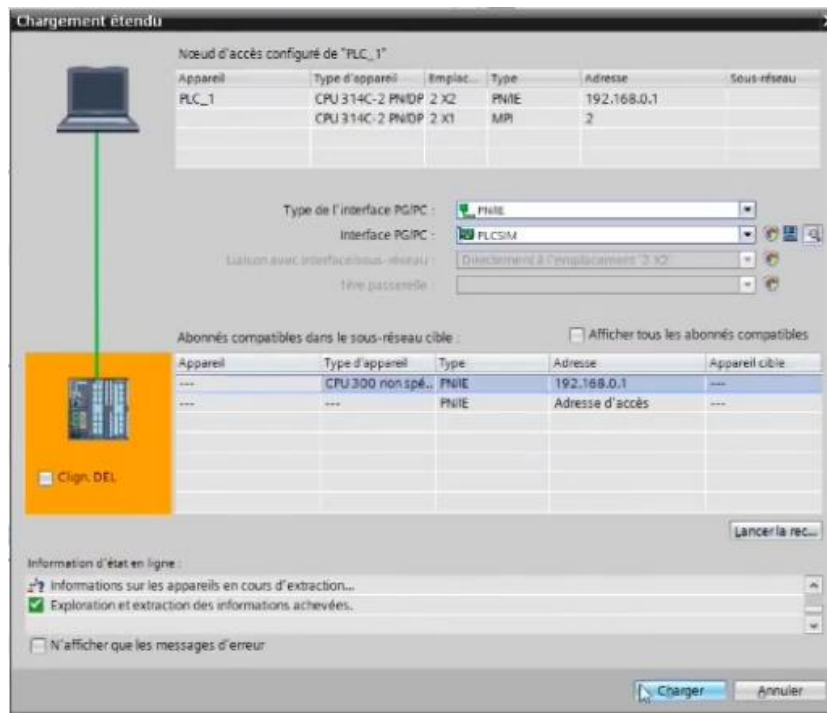


Figure III.24: Configuration de liaison

### III.3.1.5 L'interface homme machin

Nous avons choisi une interface utilisateur qui correspond à notre projet, donc à cette étape, nous avons opté pour un IHM de type MP 377 12 TM touch, qui est actuellement compatible avec notre projet. La première étape après avoir sélectionné l'IHM sera certainement de poursuivre la phase précédente en connectant l'IHM à l'API. C'est ce que nous avons fait, comme indiqué dans les images suivantes

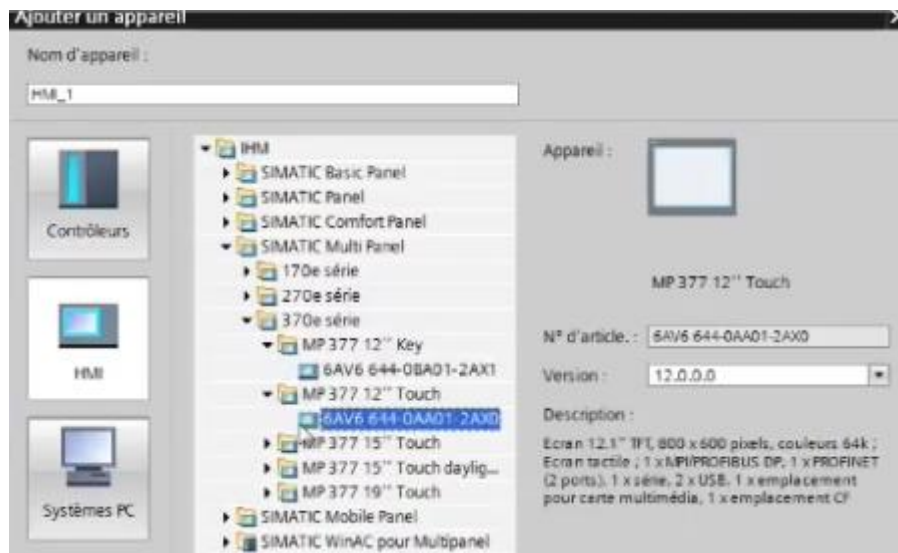


Figure III.25: Ajouter une HMI

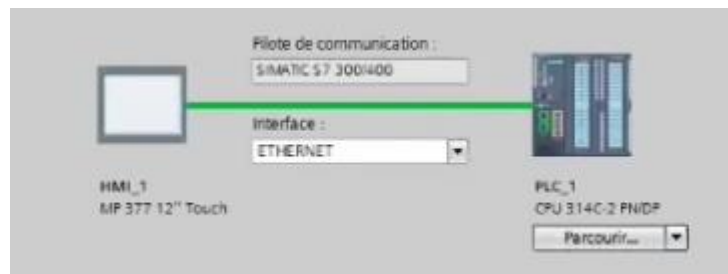


Figure III.26: Configuration de liaison

### III.3.1.5 Schéma graphique des composants du système

Nous abordons maintenant la deuxième phase la plus importante du travail. Comme on peut le voir dans l'image ci-dessous, il s'agit de l'écran que nous avons précédemment choisi, et nous commencerons par extraire tous les éléments constitutifs de notre programme. Le logiciel TIA Portal nous offre de nombreuses options, que nous pouvons voir dans l'image ci-dessous à droite. Cependant, nous pouvons également dessiner ou charger d'autres éléments provenant de l'extérieur du programme.

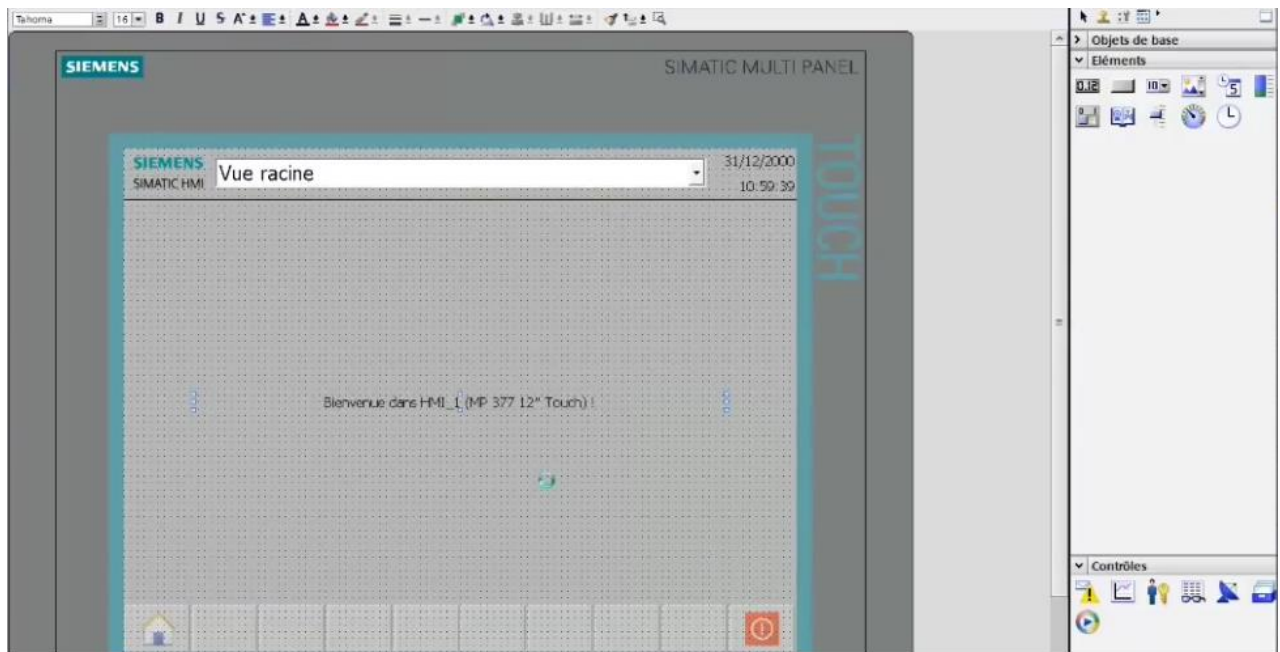


Figure III.27: interface de travail

Parmi les éléments constitutifs du système que nous avons extraits, voici les suivants : un grand réservoir d'eau, un petit réservoir, un filtre à eau en sable, des tuyaux de raccordement pour les filtres à eau, un filtre à eau thermique, deux compteurs de départ, une première pompe pour le premier réservoir, une deuxième pompe pour le deuxième réservoir, et quatre capteurs de ventilation.

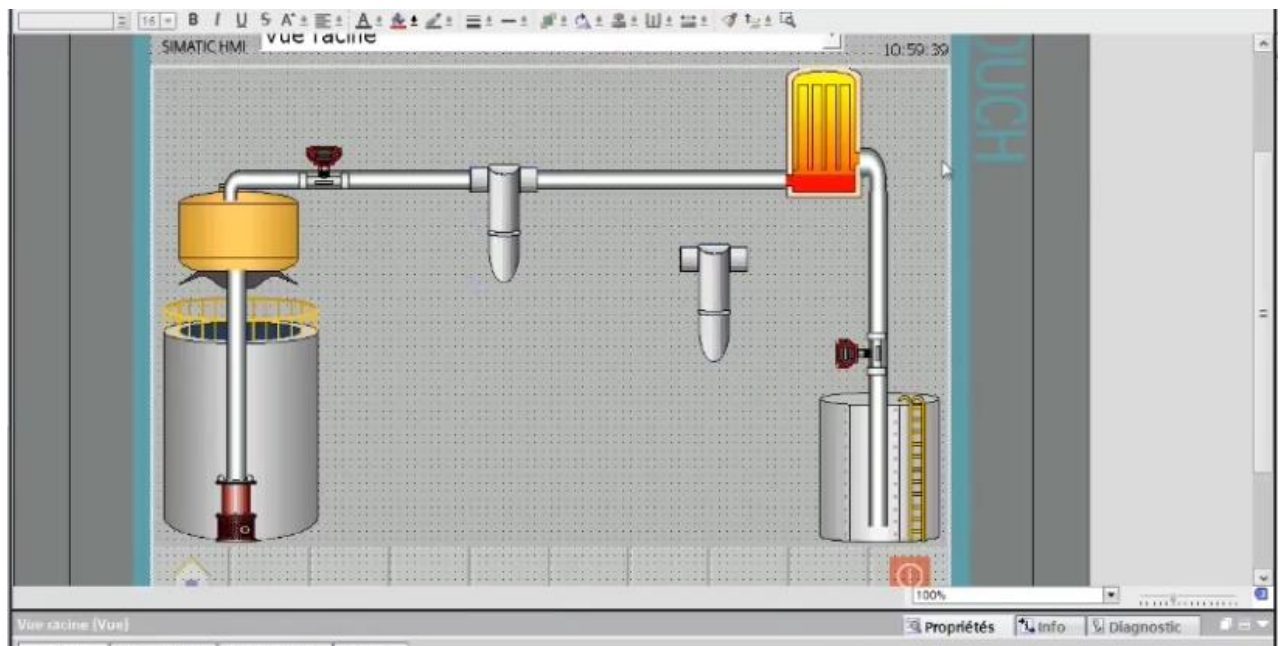


Figure III.28: Extraire des éléments de projet

### III.3.1.6 assemblage des composants du système

Après avoir extrait tous les éléments constitutifs de notre système, nous sommes également arrivés à l'étape de l'assembleur et du configurateur pour l'ancien système simulé qui a reproduit le système réel. Nous avons connecté le réservoir à tous les filtres à l'aide de tuyaux de raccordement jusqu'au dernier réservoir. De plus, nous avons connecté tous les capteurs des réservoirs et installé des dispositifs de mesure du débit d'eau. L'étape cruciale ici est de lier les éléments correspondants dans la programmation que nous avons mis en place précédemment, en utilisant les adresses que nous avons également spécifiées. C'est une des étapes les plus importantes de ce projet, la fonction de cet élément est basée sur la programmation présente dans l'API, on ne voyage pas avec un système intégré et interconnecté. Nous avons également connecté les boutons de démarrage, d'arrêt et le bouton de la deuxième pompe. Dans ce stade, nous avons ajouté un autre bouton, le bouton "manuel" pour la deuxième pompe, qui permet de la contrôler manuellement et de l'activer à partir du réservoir deux.

Nous avons également programmé le changement de couleurs et le mouvement de l'eau en fonction de la nature de la simulation correspondant à la réalité.

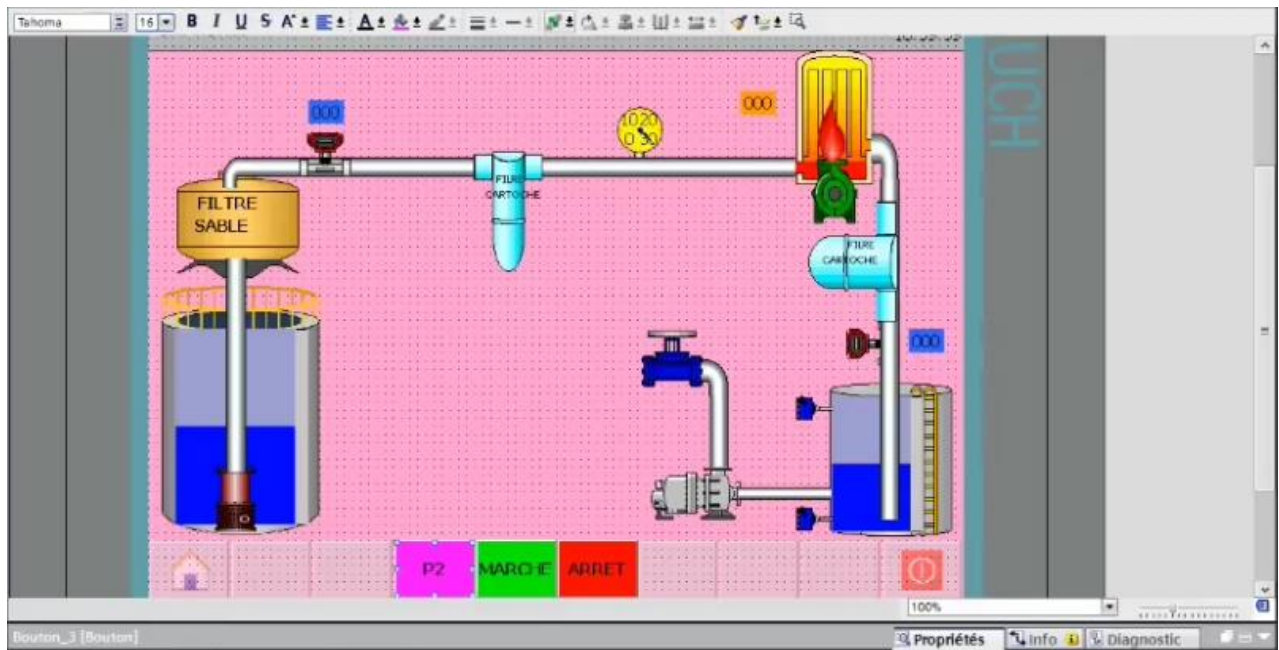


Figure III.29: assemblage des composants du système

### III.3.1.7 la simulation du projet

Après avoir terminé l'assemblage, la programmation et l'extraction des éléments, nous avons achevé notre travail sur le projet pour passer à l'étape de la simulation. Après avoir cliqué sur le bouton de simulation en haut de l'interface du logiciel TIA Portal, une nouvelle fenêtre s'ouvre. Cette fenêtre contient l'écran de l'interface utilisateur simulée correspondant à la réalité. Nous pouvons extraire une autre fenêtre d'une grande importance, celle qui nous permet de donner des valeurs à toutes les variables, y compris le filtre thermique et les capteurs (en donnant des valeurs dans cette fenêtre, nous simulerons les valeurs provenant des capteurs du projet réel).

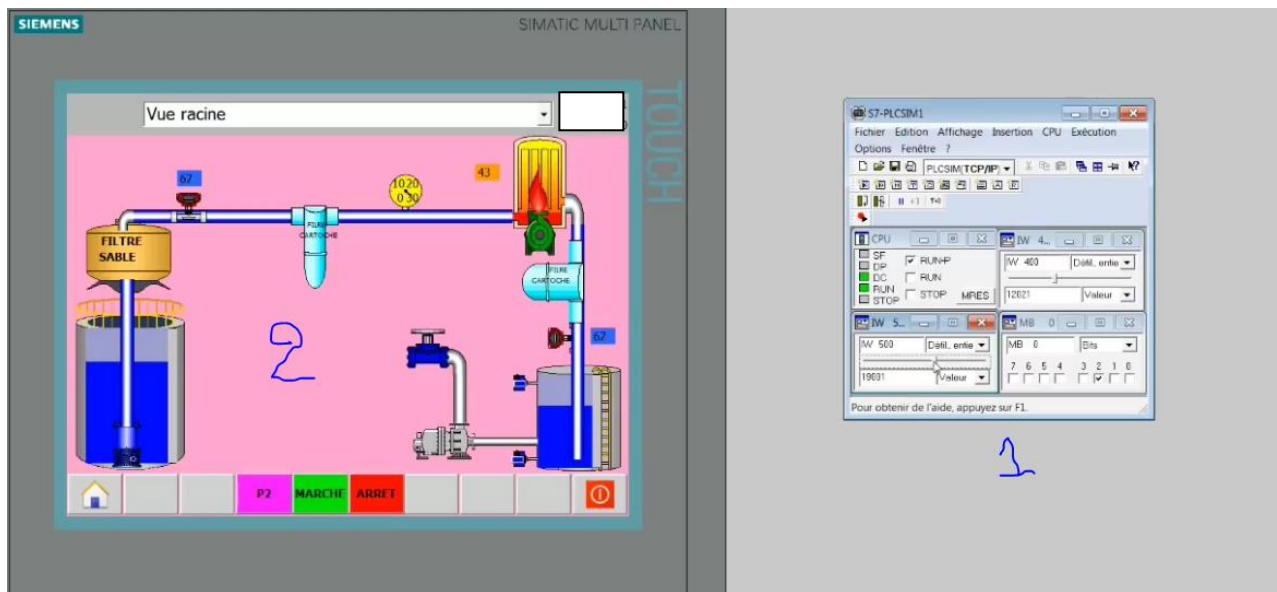


Figure III.30: la simulation de projet

### III.3.1.8 Le principe de fonctionnement du système

vert "Marche". Ensuite, le filtre thermique numéro quatre a besoin d'une durée spécifique pour atteindre la température souhaitée. Une fois qu'il l'atteint, le capteur supérieur du réservoir envoie un signal de six éléments au moteur du réservoir numéro un pour démarrer son fonctionnement. Une fois que ce dernier pompe l'eau vers le filtre à sable, ce dernier élimine les impuretés grossières. Ensuite, l'eau est pompée vers le filtre à eau carbonate à travers le compteur initial qui nous indique le débit d'eau. Ensuite, l'eau se dirige vers le filtre thermique qui la filtre par évaporation, puis elle passe à un autre filtre, le numéro cinq, qui la déverse dans le réservoir numéro six, qui contient l'eau potable, pour traverser le compteur Initial qui nous indique le débit d'eau. La pompe numéro sept peut fonctionner à tout moment en efficace sur le bouton rose "P2". Le réservoir numéro six se complète jusqu'à ce qu'il atteigne sa capacité maximale. Ensuite, le capteur supérieur du même réservoir envoie un message à la première pompe pour arrêter de

pomper l'eau. De cette manière, si nous voulons arrêter le système, nous appuyons sur le bouton rouge "Arrêt". C'est le principe de fonctionnement de notre système.

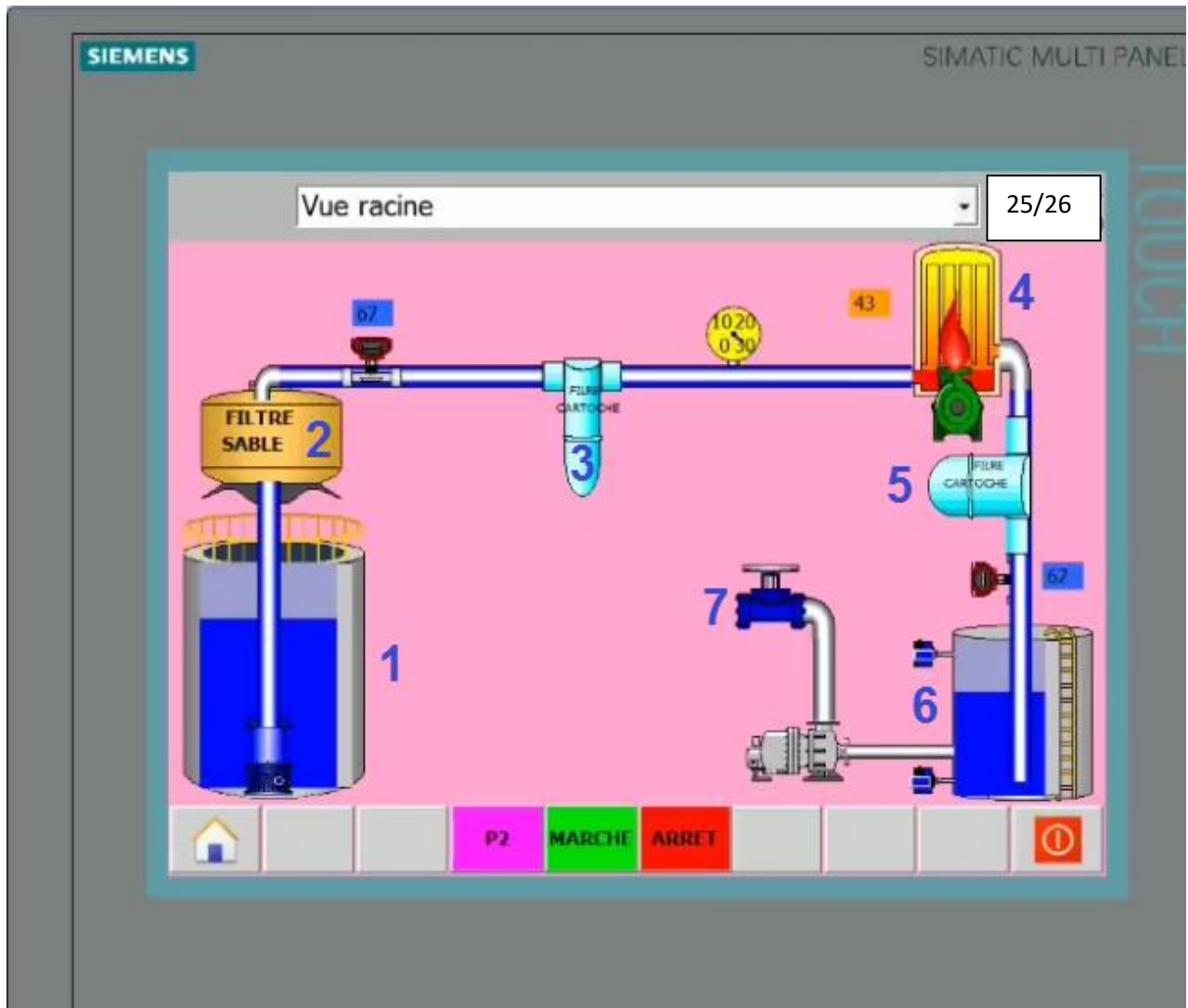


Figure III.31: la simulation de projet

#### III.4 Conclusion :

En conclusion, après avoir effectué deux expériences, l'une dans la station de traitement des eaux de Babar et l'autre dans le cadre de notre projet avec le logiciel TIA Portal, nous avons pu constater les avantages considérables du système SCADA. Ce système a grandement facilité les opérations au sein des entreprises, des usines et dans divers secteurs d'activité.

Le système SCADA a permis de réduire la dépendance à la main-d'œuvre, en automatisant de nombreuses tâches et processus. Cela a entraîné une augmentation significative de l'efficacité du travail, ainsi qu'une prolongation de la durée de fonctionnement des installations. De plus, il offre

une flexibilité d'utilisation, permettant aux entreprises de l'exploiter à tout moment, selon leurs besoins spécifiques.

Un autre avantage majeur du système SCADA réside dans sa capacité à faciliter la collecte et l'analyse rapides des données. Les informations sont disponibles en temps réel, ce qui permet aux utilisateurs de prendre des décisions éclairées et d'optimiser les performances des équipements. De plus, la détection précoce des défaillances et des problèmes est grandement simplifiée, ce qui permet une réactivité accrue dans les opérations de maintenance.

En résumé, le système SCADA a prouvé son utilité en améliorant l'efficacité, la productivité et la fiabilité des processus industriels. Il a permis aux entreprises de gagner du temps, de réduire les coûts et d'optimiser leurs opérations. Grâce à sa facilité d'utilisation et à ses fonctionnalités avancées, le système SCADA est devenu un outil essentiel pour la surveillance et le contrôle des systèmes dans de nombreux secteurs d'activité.

# **Conclusion Générale**

### Conclusion général

En conclusion, cette étude a permis d'approfondir notre compréhension de la supervision industrielle dans un environnement SCADA. Nous avons examiné en détail les systèmes de contrôle supervisés, les systèmes SCADA et leurs applications pratiques. Nous avons exploré les principes de fonctionnement, les avantages et les défis rencontrés dans la mise en place de ces systèmes. De plus, nous avons réalisé des projets concrets utilisant des logiciels spécialisés tels que TIA Portal, ce qui nous a permis de mettre en pratique nos connaissances théoriques.

Cette mémoire a également souligné l'importance de la supervision industrielle dans la gestion efficace des processus industriels. Elle permet de surveiller en temps réel les opérations, de collecter et d'analyser des données, d'améliorer la productivité et la sécurité des installations industrielles. Les systèmes SCADA offrent une interface conviviale et des fonctionnalités avancées qui facilitent la surveillance et le contrôle des équipements industriels.

# Référence

### Référence :

- [1] Pasquier, M., & Bellemare, J. F. (2016). *Supervision industrielle : Concepts, méthodes et mise en œuvre*. Presses Internationales Polytechnique.
- [2] Chiang, L. H., Russell, E. L., Braatz, R. D., & Mukhopadhyay, S. (2011). *Fault detection and diagnosis in industrial systems*. Springer Science & Business Media.
- [3] Dorrell, D. G. (2014). *The essentials of modern industrial automation and control*. ISA-Instrumentation, Systems, and Automation Society.
- [4] Martinez, J. M., & Rojas, I. (Eds.). (2018). *Industrial monitoring systems: Condition monitoring and diagnostics of machines*. Springer."
- [05] Afifi, A., Zeadally, S., Baig, Z., & Al-Qutaish, R. (2021). SCADA security in the context of the industrial internet of things: A comprehensive survey. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(7), 5124-5151.
- [06] IKHLEF B 2009 : Contribution à l'Etude de la Supervision Industrielle Automatique dans un Environnement SCADA, Mémoire de Magister, Université de Boumerdés, p4
- [07] Boyer, S. A. (2017). *Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Systems*. CRC Press.
- [08] site web de l'intelligence artificielle <https://chat.openai.com/chat>
- [09] M. Allouche. 1992 : Une société d'agents intelligents pour la supervision de systèmes industriels, l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, p44
- [10] Li, D., Huang, Y., & Chai, T. (2018). Fault Diagnosis in Industrial Process Control: State-of-the-Art and Future Trends. *IEEE Access*, 6, 17795-17811.
- [11] Kaur, N., & Lehal, G. S. (2014). Monitoring of Industrial Processes using Principal Component Analysis: A Review. *Journal of Control Science and Engineering*, 2014.
- [12] Daniel RACOCEANU 2006. . *Contribution à la surveillance des Systèmes de Production en utilisant les Techniques de l'Intelligence Artificielle*. Thèse d'habilitation, Université de FRANCHE-COMTÉ de Besançon
- [13] Ahmadzadeh, M. R., Ghorbani, R., & Arvin, A. (2016). Fault Masking in Industrial Supervisory Control Systems: A Review. *IEEE Access*, 4, 2256-2276.
- [14] Marcel Dekker Inc. 1981. *Failure diagnoses and performance monitoring*. L. F. Pau.
- [15] site web de l'intelligence artificielle <https://chat.openai.com/chat>
- [16] Wang, W., & Wang, D. (2018). SCADA systems in the modern industrial IoT era. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14(5), 1916-1926.

- [17] Elkhodr, M., Shahrestani, S., & Cheung, H. (2016). Security analysis and improvements for SCADA communications: A survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 12(6), 2137-2146.
- [18] Wang, W., & Wang, D. (2018). SCADA systems in the modern industrial IoT era. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14(5), 1916-1926.
- [19] Olsson, G., & Bengtsson, M. (2019). SCADA Cybersecurity: Challenges and Open Research Issues. In *2019 IEEE International Conference on Industrial Cyber Physical Systems (ICPS)* (pp. 163-168). IEEE.
- [20] Rojas, A. R., & Martínez, L. (2018). SCADA: A Distributed System for Data Acquisition and Monitoring. In *Cybersecurity in Water and Wastewater Systems* (pp. 15-30). Springer.
- [21] Córdoba, J. R., García, V., & Reyes, F. G. (2019). SCADA System for Process Control. In *Control Systems Design* (pp. 277-294). Springer.
- [22] Hancke, G. P. (2017). Industrial Internet of Things. In *Securing the Internet of Things* (pp. 191-207). Syngress.
- [23] David Bailey, Edwin Wright 2003. *Practical SCADA for Industry*, pages 47-55,
- [24] Carlos Daniel GARCIA-BELTRAN 2004. *Outils Pour L'aide A La Supervision De Procédés Dans Une Architecture Multi agent, thèse doctorat, Laboratoire d'Automatique de Grenoble.*
- [25] site web de copadata <https://www.copadata.com/fr/>
- [26] Lemaire-Semail, B., & Burkhardt, J. M. (2004). Textual interfaces for human-machine interaction. In *Proceedings of the 2004 conference on New interfaces for musical expression* (pp. 22-27).
- [27] Norman, D. A. (2002). *The design of everyday things*. Basic books.
- [28] Smiciklas, M. (2011). *Mastering the semi-structured interview and beyond: From research design to analysis and publication*. NYU Press.
- [29] Rasmussen, J., Pejtersen, A. M., & Goodstein, L. P. (1994). *Cognitive systems engineering*. John Wiley & Sons.
- [30] article de site web de IP system <https://www.ip-systemes.com/>

## Référence

---

[31] El Hammoumi. Les Automates Programmables Industriels API. Ecole supérieure de technologie.

[32] (Références : F. Ricci et al., "An Architecture for Personalized and Context-Aware Decision Support Systems," Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2018), Ricci, F., Rokach, L., & Shapira, B. (2011)).

[33] Gordon R. Clarke, Deon Reynders, Edwin Wright, Practical modern SCADA Protocols: DNP3, 60870.5 and related systems Newnes, 2004 (ISBN 0-7506-5799-5) pages 19-21.

# Résumé

### **Résumé:**

Notre travail vise à fournir une vue d'ensemble complète sur le sujet du contrôle supervisé et des systèmes SCADA. Nous avons présenté une étude générale des systèmes de contrôle supervisé et les avons abordés sous tous leurs aspects, notamment leur conception interne et externe, leurs caractéristiques et les pannes auxquelles ils sont confrontés, ainsi que leur résolution. Nous avons également abordé en particulier le système SCADA, en fournissant une explication détaillée de ce système moderne, y compris ses composants, ses domaines d'application et les services qu'il offre à l'automatisation et à l'industrie en général.

Nous avons également fourni une explication détaillée du fonctionnement du système SCADA dans une station de traitement des eaux d'un barrage dans la wilaya de Khenchela, en abordant toutes les étapes par lesquelles l'eau passe depuis sa sortie du barrage jusqu'à sa distribution au consommateur.

Sur la base de ces informations, nous avons créé un projet pilote pour un système SCADA à l'aide du logiciel TIA Portal, simulant le fonctionnement d'une station de traitement des eaux à travers différentes étapes.

### ملخص:

يهدف عملنا الى تقديم نظره شامله حول موضوع التحكم الاشرافي وانظمه السكاده حيث قدمنا دراسه عامه لانظمه التحكم الاشرافي وعالجه من جميع الجوانب من حيث هندسته الداخليه والخارجيه ومميزاته والاعطاب التي يواجهها وكيفيه حلها كما تحدثنا بوجه الخصوص عن نظام السكاده حيث قدمنا شرح مفصل لهذا النظام الحديث من حيث مكوناته مجالات عمله والخدمات التي قدمها للاوتوماتيكيه والصناعه بشكل عام.

كما قدمنا شرح مفصل لاليه عمل نظام سكاده في محطه معالجه المياه باحد السدود في ولايه خنشله حيث تطرقنا فيه الى كل المراحل التي تمر عبرها المياه ابتداء من الخروج من السد الى غايه الوصول للمستهلك.

وانطلاقا من هذا الاخير قمنا بانشاء مشروع مصغر لنظام سكاده بواسطه برنامج التيا بورتال، يحاكي عمل لمحطة تصفيه المياه عبر مراحل مختلفه.

### **Abstract:**

Our work aims to develop a model for predicting forest fires for the state of Khenchela, where one of the artificial intelligence techniques, which is Fuzzy Logic, was used to reduce the possibility of such disasters, where various basic factors causing fires have been introduced, which are also spread factors (heat, fuel and topography), the results of this model helped somewhat in identifying the main causes of the fires.

The prediction of forest fire and its degree of servity is based on a study of the local topography of the region and it's climatic conditions, in addition to that the study of historical fires in the area allows us to identify the frequency of fire in the forest according to the presence of regional and climatic conditions appropriate to it, in other words, when the same regional and climatic conditions are not, the fires behave the same when spreading and their intensity charges according to the presence of the fuel.

When the causes of fires are predicted in advance, appropriate interventions can be implemented more accurately and effectively in order to slow the spread of fires, limiting its infiltration into the new areas by knowing the main areas from which to intervene without forgetting the ability of municipalities and citizens to intervene and provide means of fire fighting in advance where priority is given to the safety of citizens, then to avoid the risk of fires and finally to protect the forest.