
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire

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

جامعة سعد دحلب البلدية
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie

قسم الآلية والكهرباء
Département d'Automatique Et d'Électrotechnique



Mémoire de Master

Filière: Automatique

Spécialité: Automatique et Système

Présenté par

MELAB Abdelghani
SEHAB Bahaa Eddine

Automatisation et Supervision de la partie Recirculation des Boues d'une Station d'Épuration des Eaux Usées

Proposé par: Dr.Ayad Hocine
&
Mr.Rabahi Fateh

Année Universitaire 2022-2023

Remerciements

Ce travail a été réalisé dans l'entreprise LM ELECTRIC à kalitous, Alger.

Tout d'abord, je remercie le bon Dieu, notre créateur de m'avoir donné la force, la Volonté et le courage afin d'accomplir ce travail modeste.

Nous remercions notre promoteurs Monsieur Ayad Houcine, Rabah Fateh et Lourari Oussama . de nous avoir encadrés et d'avoir dirigé ce travail ainsi que pour ses précieux conseils nous ont facilité la réalisation de ce travail.

Nous tenons à remercier vivement les membres du jury qui nous feront l'honneur de juger notre travail.

Nous adressons nos remerciements les plus sincères à notre entourage et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce mémoire.

A toutes et à tous un grand merci et une infinie reconnaissance.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

A mon père, ma mère, qui ont toujours été à mes côtés pour me guider.

A mes chers frères et sœurs qui m'encouragent tout au long de mes études.

A mon cher ami, binôme Sehab Bahaa Eddine.

A tous mes amis et mes camarades de la promotion.

Tous qui ont donné une contribution à la réalisation de ce mémoire

Abd el ghaní

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

Mes parents, pour leur amour inconditionnel, leur soutien et leur encouragement tout au long de mes études. Leur confiance en moi m'a donné la force de surmonter les obstacles et de persévérer dans mes études.

Merci pour tout ce que vous avez fait pour moi, je vous aime.

*Je voudrais également dédier ce mémoire à mon binôme **Melab Abd el Ghani** et mes collègues qui ont été avec moi tout au long de ce parcours académique.*

Votre amitié, votre soutien et vos encouragements m'ont aidé à surmonter les moments difficiles et à célébrer les réussites. Merci d'avoir été à mes côtés.

Bahaa Eddine

ملخص

في مذكرة التخرج هذه، قمنا باستخدام أتمتة إعادة تدوير الحمأة في محطة معالجة مياه الصرف الصحي وحدة تحكم منطقية قابلة للبرمجة (PLC) للتحكم في العملية. في هذه الحالة، يتم استخدام PLC S7-1500 باستخدام برنامج Tia Portal لمراقبة ومراقبة مستويات الحمأة في خزان التهوية، والتحكم في مضخات إعادة التدوير وصمامات الهواء، وجمع وتخزين بيانات العملية. يتم توفير الإشراف من خلال نظام التحكم الإشرافي والحصول على البيانات (Scada) للسماح للمشغلين بمراقبة العملية والتحكم فيها عن بعد. تعمل الأتمتة والإشراف على تحسين كفاءة العملية وموثوقيتها، مع تقليل تكاليف التشغيل والصيانة.

الكلمات الرئيسية: Scada ، Tia Portal ، PLC

Résumé :

L'automatisation de la recirculation des boues d'une station d'épuration des eaux usées utilise un automate programmable industriel (API) pour contrôler le processus. Dans ce cas, l'automate S7-1500 à l'aide du logiciel Tia Portal est utilisé pour surveiller et réguler les niveaux de boues dans le bassin d'aération, contrôler les pompes de recirculation et les vannes d'air, ainsi que collecter et stocker les données de processus. La supervision est assurée par un système de supervision et de contrôle-commande (SCADA) pour permettre aux opérateurs de surveiller et de contrôler le processus à distance. L'automatisation et la supervision permettent d'améliorer l'efficacité et la fiabilité du processus, tout en réduisant les coûts d'exploitation et de maintenance.

Mots clé : API, Automate S7-1500, Logiciel Tia Portal, Scada.

Abstract

The Automation of sludge recirculation in a wastewater treatment plant uses a programmable logic controller (PLC) to control the process. In this case, the S7-1500 PLC using tia portal software is used to monitor and control the sludge levels in the aeration tank, control the recirculation pumps and air valves, and collect and store process data. Supervision is provided by a Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system to allow operators to monitor and control the process remotely. Automation and supervision improve process efficiency and reliability, while reducing operating and maintenance costs.

Keywords : PLC, s7-1500 PLC, tia portal software, scada

Table des Matières

Remerciements

Résumés

Table des Matières

Liste des Figures et Tableaux

Liste des Abréviations

Introduction Générale1

Chapitre I : Présentation de l'entreprise Et du processus

Introduction 2
I.1 Présentation de l'entreprise « LM ELECTRIC » 2
I.2 Présentation d'une station d'épuration 3
I.3 Caractéristiques des eaux usées de la station de sidi Aich 7
I.4 Les ouvrages de la station 9
Conclusion 13

Chapitre II :

Instrumentation du processus

Introduction 14
II-1 Description de l'installation électrique de la station..... 14
II.2 Equipement électrique utilisée dans la partie de la recirculation..... 14
II.3 Equipement des armoires..... 17
II.4 L'instrumentation 21
Conclusion 26

Chapitre III

Automate Programmable Industriel

Introduction 27
III.1 Structure d'un système automatisé 27
III.2 Automate programmable industriel 29
III.3 Critères de choix d'un automate 31
III.4 L'automate S7-1500R/H redondant 32
III.5 Embase d'Entrée/Sortie ET 200S 33
III.6 Moyen de communication 34
III.7 Variateur de vitesse : 36
III.8 Logiciel de programmation « TIA Portal V16 » 37
III.9 SIMATIC WinCC Comfort 44
Conclusion 48

Chapitre IV : Programmation et Supervision

Introduction : 49
IV.1 Définition De Supervision 49
IV.2 Constitution d'un système de supervision 49
IV.3 Avantages de la supervision..... 50
IV.4 Cahier des charges 51
IV.5 Mode de fonctionnement par les signaux des débitmètres FIT-03-002 etFIT-03-003 : 51
IV.6 La table des variables 54
IV.7 Les vues de notre IHM : 60
Conclusion : 63

Conclusion Générale63

Bibliographie	63
Annexes	63

*Liste des Figures
&
Tableaux*

Liste des figures:

CHAPITRE I

Figure I.1 : Position géographique de l'entreprise	2
Figure I.2 : Vue aérienne de la station d'épuration de Sidi Aich.	3
Figure I.3: Fonctionnement d'une station d'épuration.....	4
Figure I.4: Synoptique d'une station d'épuration de boue activée.....	7
Figure I.5 : Dégrillage fin.....	10
Figure I.6: Bassin d'aération.....	12

CHAPITRE II

Figure II.1:Pompe de recirculation ABS XRCP.	15
Figure II.2:Disjoncteur-moteur.	17
Figure II.3: Schéma d'un disjoncteur moteur magnétothermique.	17
Figure II.4:Le fonctionnement D'un relais électromécanique.	18
Figure II.5: Le symbole de relais.	19
Figure II.6 : Schéma explique le fonctionnement de relais.....	19
Figure II.7: La composition de contacteur.	20
Figure II.8: Le symbole de contacteur dans un schéma de puissance.....	21
Figure II.9: Un transmetteur de niveau.	21
Figure II.10: La poire de niveau.....	23
Figure II.11: Photo en mode vidange de la poire.	23
Figure II.12: Photo en mode remplissage de la poire.....	24
Figure II.13:Image de l'intérieur de la poire.	24
Figure II.14: Débitmètre Electromagnétique.	25

CHAPITRE III

Figure III.1: La structure d'un système automatisé.....	28
Figure III.2: La structure interne d'API.	31
Figure III.3: AUTOMATE S7-1500 R/H.....	32
Figure III.4: Le module d'extension ET200S.	33
Figure III.5: Le câble profinet et profibus.....	34
Figure III.6: Le variateur de vitesse Siemens.....	36
Figure III.7: Vue du tiaPortal.	38
Figure III.8: Vue du Projet.	38
Figure III.9: choix de l'automate.	41
Figure III.10: Vue des appareils.....	41
Figure III.11: Vue de bloc de programme.....	42
Figure III.12: Exemple de Ladder.	43
Figure III.13: Exemple de texte SCL.	44
Figure III.14:L'interface principale de SIMATIC WinCC Comfort.....	44
Figure III.15: La vue des ajoutes des appareils.....	46
Figure III.16: Le module de communication.	47
Figure III.17: L'interface de Wincc Professionnel.....	47

CHAPITRE IV

Figure IV.1: Architecture matérielle du système de supervision.	50
Figure IV.2 : Organigramme.....	53
Figure IV.3: La table des variables de modules API.....	54
Figure IV.4: La table des variables de modules IHM.	55

Figure IV.5: Le bloc d'organisation.....	56
Figure IV.6:Le bloc TGBT1.	56
Figure IV.7: Le bloc d'autorisation TGBT.	57
Figure IV.8: Le bloc d'activation T_ON/T_OFF de pompe.	57
Figure IV.9: Le bloc de consigne.	58
Figure IV.10: Le bloc de basculement entre les pompes.	58
Figure IV.11: Le bloc de commande de pompe.	59
Figure IV.12: Le bloc OB30 de PID 3.	59
Figure IV.13: Le bloc OB30 de PID 3.	60
Figure IV.14: La vue principale de l'IHM.	60
Figure IV.15: La vue de clarificateur 1 avec le poste de recirculation.....	61
Figure IV.16: La vue de clarificateur 1 avec le poste de recirculation.....	62
Figure IV.17: La table des alarmes.	63

Liste des tableaux

Tableau I.1: Résultats d'analyses des paramètres de rejets des eaux brutes de la step de SIDI AICH.....	8
Tableau III.1: Les types de variables de Step7.....	40

Liste des Abréviations

LM : Laihem Mourad
UV : Ultras-Violets
DBO : Demande Biologique en Oxygène
DCO : Demande Chimique en Oxygène
MES : Matières En Suspension
ONA : l'Office National d'Assainissement
STEP : Station d'épuration
AC : Courant alternatif
CR : Acier inoxydable
VF : Variateur de Fréquence (de Vitesse)
NBR : Nitrile Butadiène Rubber (produit chimique)
TD : Temps Dérivative
TI : Temps Intégrale
PID : Proportionnel Intégrale Dérivé
TBT : Très Basse Tension
BT : Basse Tension
MT : Moyen Tension
NO : Normalement Ouvert
NF/NC : Normalement Fermés
DN : Débit Nominale
PN : Pression Nominale
CPU : Central Processing Unit (Processeur)
RAM : Random Access Memory (Mémoire Vive)
ROM : Read Only Memory (Mémoire Morte)
IDE : Environnement de Développement Intégré
API : Automate Programmable Industriel
IHM : Interface Homme Machine
TIA : Totally Integrated Automation
TOR : Tout Ou Rien
E/S : Entré Sortie
FC : Bloc Fonction
DB : Bloc de Donnés
OB : Bloc d'ogranisation
FB : Bloc Fonction
SCL : Structure de Contrôle Langage
ST : Structure de Texte
MPI : Multi Point Interface
DP : Profibus
EI : Ethernet Industriel
USB : Universal Serial Bus
WinCC : Windows Control Center
TGBT : Table Générale Base Tension

Introduction Générale

L'automatisation joue un rôle essentiel dans les usines modernes. Elle permet d'augmenter l'efficacité et la productivité de la production, de réduire les coûts de main-d'œuvre, d'améliorer la qualité des produits et de réduire les risques pour la santé et la sécurité des travailleurs.

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

Les usines automatisées utilisent des machines, des robots et des systèmes informatisés pour effectuer des tâches qui étaient autrefois effectuées manuellement. Les robots et les machines peuvent être programmés pour effectuer des tâches répétitives, dangereuses ou difficiles pour les travailleurs humains, ce qui réduit le risque d'accidents du travail. L'automatisation permet également de produire des produits de manière plus cohérente et précise, en éliminant les erreurs humaines.

Comme dans toute entreprise, la LM Electric (Entreprise d'engineering et de réalisations des solutions électriques et automatismes).

La gestion des boues est un aspect important de la gestion des eaux usées, car les boues produites dans les stations d'épuration des eaux usées nécessitent une gestion appropriée pour éviter les risques pour l'environnement et la santé publique. L'automatisation et la supervision de la partie Recirculation des Boues d'une Station d'Épuration des Eaux Usées peuvent aider à améliorer l'efficacité de la gestion des boues en automatisant les processus de surveillance et de contrôle. Cela peut aider à minimiser les erreurs humaines, à réduire les coûts de main-d'œuvre et à améliorer la qualité de la gestion des boues.

Cependant, la mise en œuvre de l'automatisation et de la supervision dans ce domaine peut également poser des défis. Les systèmes automatisés peuvent nécessiter une maintenance régulière et une surveillance pour s'assurer qu'ils fonctionnent correctement. Les erreurs de conception ou de programmation peuvent également entraîner des erreurs dans les processus automatisés, ce qui peut avoir des conséquences néfastes sur l'environnement et la santé publique. Par conséquent, il est important de mettre en place des mécanismes de sauvegarde et de contrôle pour garantir la sécurité et la fiabilité des systèmes automatisés.

L'automatisation de la partie recirculation des boues en particulier vise à améliorer l'efficacité de la gestion des boues tout en garantissant la sécurité et la fiabilité des systèmes automatisés.

Ce travail est divisé en 4 chapitres dont le premier est une présentation générale de l'entreprise (LM ELECTRIC) et une description des étapes de traitement des eaux usées dans une station d'épuration alors que le deuxième chapitre donne des informations sur l'équipement électrique et le fonctionnement du système de recirculation des boues après dans le troisième chapitre on a fait l'automatisation et la configuration des matériels, et on finit par le chapitre de la supervision.

***Chapitre I : Présentation de
l'entreprise Et du processus***

Introduction

Le rejet aléatoire des déchets dans la nature ça suit des conséquences dangereuses et des crimes contre l'environnement, l'homme construit des stations d'épuration qui permettent de traiter les eaux usées.

Dans ce chapitre nous allons présenter l'entreprise « LM ELECTRIC », qui supervise le projet de la station d'épuration de Sidi Aich (Bejaia).

I.1 Présentation de l'entreprise « LM ELECTRIC »

Entreprise familiale fondée en 1998 par Mr Laihem Hacene, retraité de la Sonalgaz. Après 10 ans d'expérience LM ELECTRIC a été créée en 2008 par son fils Laihem Mourad, qui s'est spécialisé dans les tableaux électriques et l'automatisme.

LM ELECTRIC signifie Laihem Mourad qui est le nom de son fondateur.

Cette entreprise est active dans l'ingénierie et la réalisation des solutions électriques et automatismes plus particulièrement la conception et réalisation des tableaux électriques.

I.1.1 Position géographique de l'entreprise

Le premier siège social de la société a été établi à el Kouba puis il a été déplacé à el kalitous. [2]

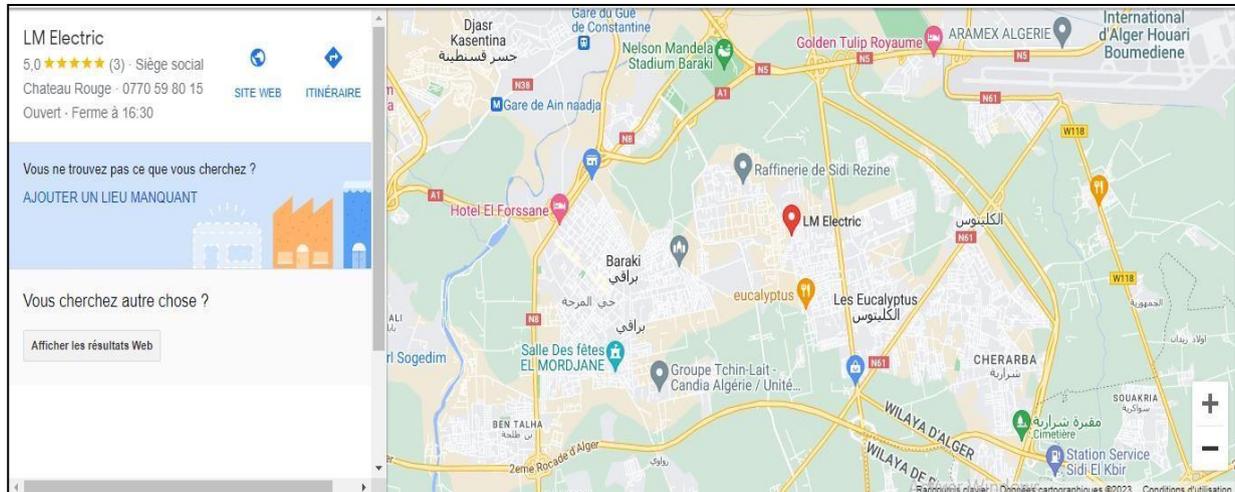


Figure I.1 : Position géographique de l'entreprise

I.1.2 Position géographique de la station

Cette station d'épuration située à Bejaia à Sidi Aich environ de 03 km à l'Est de la ville, d'une superficie de 1.37 hectares, délimité au nord par la route nationale n° 26 (RN26) et entouré par des terrains privés à vocation agricole. L'ensemble se trouve sur le versant Nord de Oued Soummam, avec des pentes et des déclivités de direction Nord-Sud.

La ville de Sidi-Aich est située au Sud-Ouest et à environ 40 Km du centre de la wilaya de Bejaia, elle est traversée par l'Oued Soummam.

La ville de Sidi Aich est délimitée par quatre communes :

La commune de Tifra.

La commune de Tinebdhar.

La commune de Sidi Ayad.

La commune de Leflay [3].



Figure I.2 : Vue aérienne de la station d'épuration de Sidi Aich.

I.2 Présentation d'une station d'épuration

Une station d'épuration est conçue pour nettoyer les eaux usées domestiques, industrielles et pluviales avant leur rejet dans le milieu naturel, souvent un cours d'eau. Pour prévenir la pollution de l'environnement, les impuretés telles que les matières solides, les excréments, les huiles et les substances dissoutes doivent être éliminées des eaux usées, car leur concentration élevée causerait une pollution importante en cas de rejet direct dans la nature [4].

La station d'épuration est généralement située au bout d'un réseau de collecte et utilise divers processus physico-chimiques, biologiques et procédés chimiques basés sur l'oxydation des composés pour dégrader les matières organiques et séparer l'eau des impuretés en éliminant la pollution carbonée et azotée en même temps [5].

Le résultat est de l'eau propre qui ne peut être consommée, mais dont la qualité est suffisante pour être réabsorbée par l'environnement sans danger et peut être valorisée dans le cas de sa conformité aux normes de réutilisation des eaux usées traitées [6].

I.2.1 Le fonctionnement d'une station d'épuration

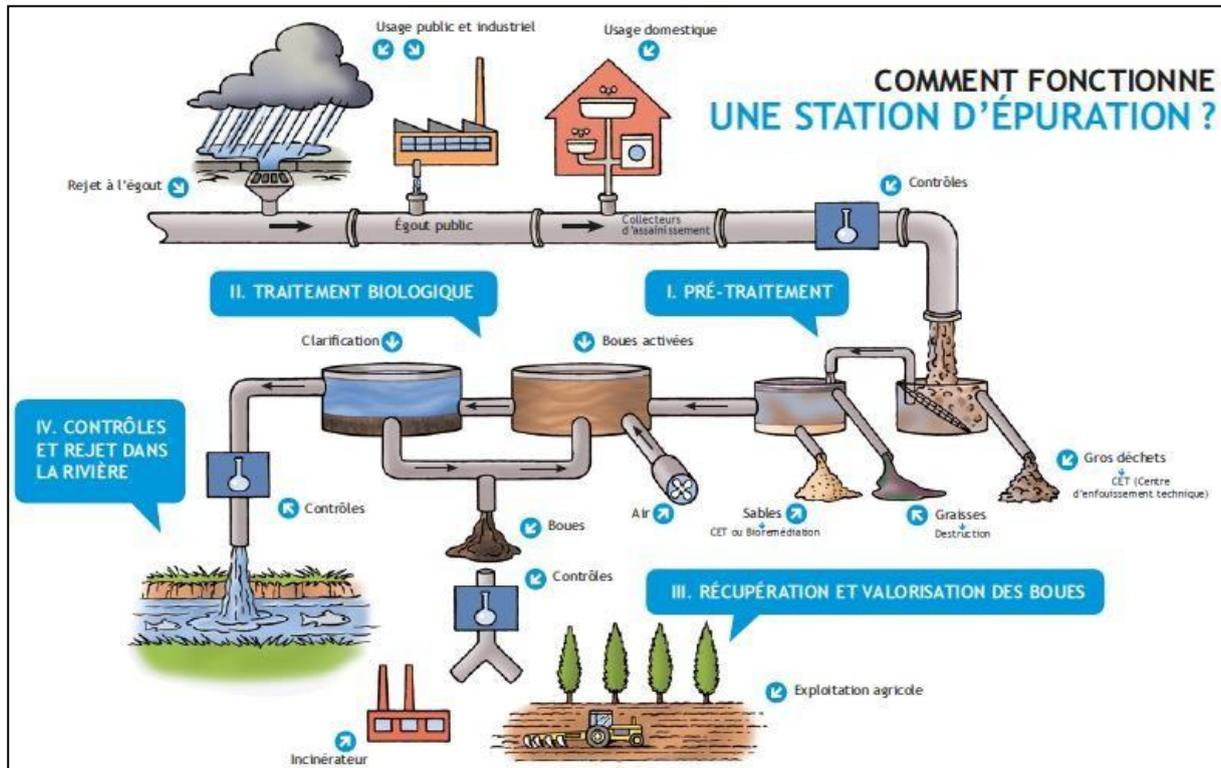


Figure I.3: Fonctionnement d'une station d'épuration.

Le fonctionnement d'une station d'épuration des eaux usées est un processus complexe qui implique de nombreuses étapes pour traiter et nettoyer les eaux usées avant de les renvoyer dans l'environnement.

La recirculation de boues est une étape importante de ce processus.

Le réseau d'assainissement achemine les eaux usées jusqu'à la station d'épuration, où elles vont être soumises à cinq étapes de traitement importantes.

Un prétraitement physique d'effluents (Dégrillage, dessablage et déshuilage) .

Une décantation primaire.

Un traitement biologique.

Une décantation secondaire.

Un traitement des boues récoltées à partir des bassins de décantation [7].

I.2.2 Dégrillage :

Au cours du dégrillage, les eaux usées passent à travers une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les matières les plus volumineuses et flottantes charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants ou en compliquer leur exécution. Le dégrillage permet aussi de protéger la station contre l'arrivée intempestive des gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation.

Les éléments retenus sont ensuite éliminés avec les ordures ménagères. Cette opération est effectuée si possible avant la station de relevage afin de protéger les pompes à vis d'Archimède et de ne pas gêner le fonctionnement des étapes ultérieures du traitement et on a :

Le pré dégrillage grossier dont les barreaux des grilles sont espacés de 30 à 100mm.

Le dégrillage moyen de 10 à 30mm .

Le dégrillage fin moins de 10mm.

Les grilles peuvent être verticales, mais sont le plus souvent inclinées de 60° à 80° sur l'horizontale [8].

I.2.3 Le dessablage et le dégraissage

Cette étape consiste à faire passer l'eau dans des bassins où la réduction de la vitesse d'écoulement et la différence de densité fait se déposer les sables et le gravier au fond et flotter les graisses, ce phénomène est favorisé grâce à l'injection d'air (microbulles) qui permet d'accélérer la flottation des graisses [9].

Les sables sont récupérés par pompage alors que les graisses sont raclées en surface [9].

I.2.4 La décantation primaire

Les décanteurs primaires de station d'épuration ont pour principale fonction d'enlever une grande partie des matières en suspension et de diminuer l'apport en DCO et DBO5 contenues dans les effluents à traiter. Leur efficacité dépend essentiellement de leurs caractéristiques hydrauliques.

Le bassin décanteur est de forme conique circulaire avec raclage par pont à entraînement périphérique, il est alimenté gravitairement avec de l'eau dégrillée déshuilée et dessablée. On appelle l'ensemble des matières sédimentées boue primaire, cette dernière est extraite et évacuée vers la bache de mélange afin de passer au traitement des boues [11].

I.2.5 Le traitement biologique

En aval des décanteurs primaires, les effluents sont dirigés vers le traitement biologique.

L'épuration de l'eau s'effectue grâce à une population spécifique de bactéries. Cette population bactérienne, appelée biomasse ou boue activée, dégrade et assimile la pollution. Ce mécanisme génère une croissance bactérienne qui permet un renouvellement et un développement continu des bactéries.

Le bassin biologique présente 3 objectifs :

- Oxydation des produits carbonés,
- Oxydation et réduction des produits azotés,
- Oxydation et réduction du phosphore.

Pour remplir contrôler le processus et remplir ces objectifs, 3 actions sont nécessaires :

- Aération du bassin en oxygène par les aérateurs
- Recirculation des boues
- Extractions des boues en excès [10].

I.2.6 La clarifications

Cette étape se situe en aval du bassin d'aération, Le processus consiste à séparer l'eau des boues qui résultent de la dégradation des matières organiques (flocs). Cette étape est réalisée en utilisant des bassins appelés « clarificateurs », où les boues se déposent au fond, sont ensuite sucés afin d'être évacuées [11].

Une partie de cette boue revient au bassin d'aération par recirculation, et la boue en excès rejoint la boue primaire du décanteur primaire à la bêche de mélange.

I.2.7 Recirculation des boues

La recirculation des boues est une étape très importante dans le processus de traitement des eaux usées, cette opération permet de maintenir une biomasse bactérienne épuratoire appropriée dans le bassin d'aération par le transport des flocs décantés au fond du clarificateur vers le bassin d'aération [12].

Les boues excédentaires non recirculées sont éliminés de la bêche de recirculation par des pompes d'extraction et évacuées vers la bêche de mélange pour passer par le traitement des boues par la suite.

Cependant, la recirculation des boues est une étape importante dans de nombreuses installations pour aider à maximiser l'efficacité du traitement biologique et réduire la quantité de déchets produits.

Les boues traitées et séchées peuvent être valorisées et utilisées dans la fertilisation des sols.

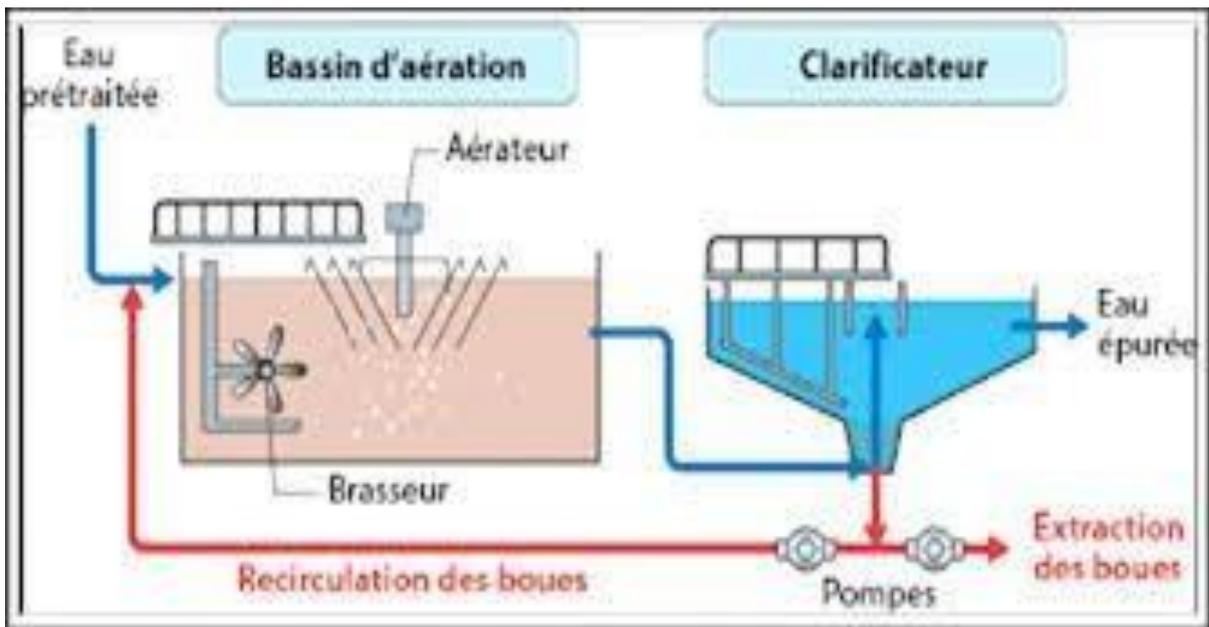


Figure I.4: Synoptique d'une station d'épuration de boue activée.

I.2.8 Désinfection des eaux épurées

À la fin de traitement l'eau clarifiée passe par l'étape de désinfection avant de sortir de la station et rejoindre le milieu récepteur.

Le chlore est le désinfectant le plus utilisé pour la potabilisation des eaux, sauf que son emploi dans des eaux à valoriser pose la question des sous-produits toxiques liés à la présence de matière organique et il peut y avoir également un impact sur les plantes.

L'ozone possède un pouvoir désinfectant supérieur à celui du chlore : son action désinfectante couvre également les virus. Cependant cette technique entraîne également la formation des bromates alors que le traitement par les ultraviolets (UV) est sans risque de génération de sous-produits de désinfection puisqu'il n'y a aucun ajout de produit chimique. Cependant, ce type de désinfection n'a pas d'effet rémanent. [13]

Cette opération est très importante pour l'élimination des micro-organismes afin d'éviter les maladies à transmission hydriques causées par la présence des microorganismes pathogènes.

I.3 Caractéristiques des eaux usées de la station de Sidi Aich

La station de Sidi Aiche traite les eaux d'origine domestique avec un débit nominal de 10400 m³/j pour l'horizon 2030.

Selon les résultats d'analyse enregistrés par l'Office National d'Assainissement (ONA) de Béjaïa pendant plusieurs campagnes de prélèvement des eaux usées de Sidi-Aich, les caractéristiques de l'eau brute à l'entrée de la STEP sont les suivantes :

- ✓ La demande biologique en oxygène (DBO5) c'est la quantité d'oxygène consommé par les micro-organismes.
- ✓ La demande chimique en oxygène (DCO) c'est la quantité d'oxygène consommé par toutes les matières réductrices.
- ✓ Les matières en suspension (MES) qui comportent des matières organiques et minérales

Tableau I.1: Résultats d'analyses des paramètres de rejets des eaux brutes de la step de SIDI AICH.

Paramètre	Valeur	Unité
DBO5 à l'entrée	337.5	(mg/L)
DCO à l'entrée	843.75	(mg/L)
MES à l'entrée	437.5	(mg/L)
Phosphore à l'entrée	15.63	(mg/L)

I.4 Les ouvrages de la station

La station est équipée des ouvrages suivants :

- ✓ Un poste de relevage .
- ✓ Un pédegrilleur.
- ✓ Deux dé-grilleurs fin.
- ✓ Un dessableur/dégraissage.
- ✓ Deux bassins d'aération.
- ✓ Dégazeur.
- ✓ Clarificateur.
- ✓ Deux décanteurs.
- ✓ Epaississeur de boues.
- ✓ Un bassin de stockage.

I.4.1 Poste de relevage

Il est équipé de deux pompes émergées automatiques, d'un système de contrôle de niveau et d'un ensemble de tuyaux et de vannes permettant de relever l'eau vers le bassin de dissipation et après vers le dégrilleur fin.

I.4.2 Le prédégrilleur

Le prédégrilleur est un équipement de prétraitement des eaux usées avant leur entrée dans un système de traitement plus complet. Il permet de retenir les gros déchets présents dans les eaux usées (comme les bouteilles, les sacs en plastiques ...) qui pourraient endommager les pompes ou l'autre équipement de traitement. Le prédégrilleur est généralement situé en amont d'un poste de relevage.

Il contribue à améliorer la qualité de l'eau traitée et à éviter les obstructions et interruptions de service coûteuses.

I.4.3 Bassin de Stockage

Il s'agit d'un réservoir destiné à stocker les eaux usées brutes avant qu'elles ne soient traitées. Le bassin de stockage permet aussi de réguler le débit d'entrée de la station en fonction de la capacité de traitement de celle-ci pour éviter les pics de débit qui pourraient surcharger les équipements de la station.

I.4.4 Le dégrilleur fin

L'équipement de dégrillage fin de la station d'épuration est conçu pour éliminer les matières solides fines passées à travers le prédégrilleur en amont au niveau du poste de relevage.

Les eaux usées prédégrillées sont acheminées vers le dégrilleur fin de la step, elles passent à travers des grilles dont l'espacement des barreaux est défini en fonction de la taille des matières solides à éliminer.

Les matières solides dont le diamètre est supérieur à l'espacement des barreaux sont retenues sur les grilles et sont retirées périodiquement à l'aide d'un râteau ou d'un système de levage.

Dégrillage est caractérisé par : est l'espacement des barreaux de grille, le débit d'eau, la distance entre les grilles, et la fréquence de nettoyage.

Le dégrillage fin est l'opération qui protège la station contre l'arrivée intempestive d'objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation.

Les déchets récupérés du poste de dégrillage fin sont évacués vers une vis de convoyage et compactage afin de réduire le maximum de son volume et éviter les mauvaises odeurs.

Ces refus sont éliminés par la suite avec les déchets ménagers.



Figure I.5 : Dégrillage fin.

I.4.5 Le déssableur/dégraisseur

Cet atelier a 2 objectifs vis-à-vis du prétraitement :

- L'extraction par décantation des résidus les plus denses transportés par l'effluent (sables et matières lourdes dont la granulométrie est supérieure à 200 microns),
- L'extraction par flottation des déchets plus légers (graisses et déchets fins).
- L'élimination du sable évite l'abrasion des équipements, et le dépôt ultérieur de ces particules qui pourrait provoquer des bouchages de canalisations et l'ensablage des Ouvrages.
- L'élimination des graisses favorise le transfert d'oxygène dans les bassins d'aération.

Ces deux phases sont ainsi combinées et réalisées dans un même ouvrage La graisse éliminée est transférée vers le concentrateur à graisse.

I.4.6 Les bassins d'aération

Les effluents sortis de dessableur-dégraisseur s'écoulent vers leur bassin d'aération respectif via un répartiteur équipé de deux lames déversantes. L'oxygénation de la boue est assurée par des turbines de surface. Celle-ci Sont asservies a une mesure d'oxygène et redox en continue.

Il a été retenu un traitement à faible charge massique ou aération prolongée Le bassin d'aération est équipé d'un système d'aération fonctionnant en discontinu (une dizaine de cycles d'aération par jour), La nitrification s'effectue durant les phases aérobies et la dénitrification durant les phases d'anoxie.

L'oxygène nécessaire aux réactions biologiques est distribué par des turbines d'aération de surface, à raison de huit turbines (quatre par bassin).

Il est prévu huit agitateurs immergés (quatre par bassin) pour l'agitation lors des phases d'anoxie (arrêt des turbines).



Figure I.6: Bassin d'aération.

I.4.7 Dégazeur

On met entre le bassin d'aération et le clarificateur un ouvrage qui est appelé le dégazeur afin de désaérer l'effluent après le réacteur biologique, afin d'éviter toutes remontées indésirables de boues dans le clarificateur ce qui produit une mauvaise décantation des boues.

I.4.8 Le clarificateur

L'effluent est reparti de façon égale entre deux clarificateurs, via un répartiteur équipé de deux lames déversantes.

Le clarificateur composé d'un grand réservoir où l'eau est lentement introduite et où les particules en suspension se déposent au fond.

Les boues qui se forment au fond du clarificateur sont ensuite pompées et traitées séparément.

I.4.9 Epaisseur de boues

Le processus d'épaississement implique de faire passer les boues à travers un tambour rotatif. Lorsque les boues s'écoulent et sont recueillies, tandis que les particules solides plus lourdes sont retenues et s'accumulent.

Son objectif est d'augmenter la concentration des boues.

I.4.10 Bassin de Stockage

Il s'agit d'un réservoir destiné à stocker les eaux usées brutes avant qu'elles ne soient traitées. Le bassin de stockage permet aussi de réguler le débit d'entrée de la station en fonction de la capacité de traitement de celle-ci pour éviter les pics de débit qui pourraient surcharger les équipements de la station.

Conclusion

Dans ce chapitre on a fait une présentation sur notre station d'épuration et son principe de fonctionnement.

Chapitre II :
Instrumentation du processus

Introduction

La recirculation des boues est un processus clé dans le traitement des eaux usées, car elle permet de maintenir une concentration optimale de micro-organismes dans les bioréacteurs.

Dans ce chapitre, nous allons nous intéresser à l'instrumentation utilisée pour contrôler la recirculation des boues.

Pour surveiller la recirculation des boues, plusieurs instruments sont utilisés.

II-1 Description de l'installation électrique de la station

La station est alimentée par une ligne d'alimentation de 30 KV à partir de transformateur MT/BT de capacité de 1000 KVA et de tension de 400 V AC triphasé 50 Hz.

En cas de coupure d'électricité il y'a un moyen de secours qui est un groupe d'électrogène a capacité de 630 KVA [14].

II.2 Equipement électrique utilisée dans la partie de la recirculation

Cette partie de puissance équipée par des pompes de recirculation de type ABS XRCP

II.2.1 Pompe de recirculation ABS XRCP

La pompe submersible de type ABS XRCP est une solution compacte conçue pour assurer la recirculation et le pompage des boues activées dans les stations de traitement, pendant les phases de nitrification et de dénitrification. Elle est également adaptée pour le pompage des eaux pluviales, de surface et de rivière.

Sa construction est à la fois compacte et étanche, et est équipée d'une hélice et d'un support avec un système d'accouplement fiable utilisant une barre de guidage unique. Cette dernière permet une installation facile et économique avec une bride DIN. La XRCP est disponible en acier inoxydable (CR) et peut fonctionner en continu jusqu'à une température maximale de 40 °C [14].



Figure II.1: Pompe de recirculation ABS XRCP.

A –Moteur

La pompe est équipée d'un moteur à aimants permanents de haute performance (équivalent IE3) et d'un variateur de fréquence (VFD) pour une efficacité maximale. Le moteur est conçu pour fonctionner à 50 Hz avec 10 pôles et une tension de 400 V. Il est également doté d'une protection de type IP68 avec un stator de classe d'isolation F pour une sécurité optimale .

B –Démarrage

La pompe peut être utilisée avec différentes tensions et peut être immergée jusqu'à 20 mètres de profondeur. Elle est démarrée à l'aide d'un variateur de fréquence (VFD).

C –Hélice

L'hélice est conçue de manière optimale avec trois pales pour générer une forte poussée et une capacité élevée de flux axial. De plus, elle est auto-nettoyante pour assurer un fonctionnement sans vibrations et efficace.

D -Bague de déviation des solides

La bague de déviation des solides est une innovation protégée qui protège la garniture mécanique contre les dommages causés par les solides ou les matériaux fibreux qui pourraient y pénétrer.

E –Roulements

Les roulements sont lubrifiés en permanence et ont une durée de vie de plus de 100 000 heures de fonctionnement.

F - Etanchéité de l'arbre

Garniture mécanique côté effluent en carbure de silicium sur carbure de silicium. Joints toriques et joint à lèvres NBR.

G - Contrôle de l'étanchéité

Le contrôle de l'étanchéité est effectué à l'aide d'un système Di qui utilise des sondes placées dans la chambre à huile, la chambre moteur et la boîte à borne, à l'exception de la version antidéflagrante.

H- Contrôle de la température

La température est surveillée et protégée contre la surchauffe grâce à une thermistance PTC placée dans le stator, qui déclenche à une température de 140°C.

I- Poids (kg)

XRCP = 145 kg. VFD 4,0 kW = 13,5 kg, VFD 5,5 kW = 14,5 kg

II.3 Equipement des armoires

II.3.1 Disjoncteur-moteur

Le disjoncteur moteur est un dispositif de protection essentiel pour assurer la sécurité des moteurs électriques monophasés ou triphasés en cas de surcharge ou de court-circuit. En détectant les risques potentiels pour le moteur, il permet de couper automatiquement l'alimentation électrique. Il peut également être activé manuellement pour couper l'alimentation électrique. Il est souvent utilisé comme démarreur direct pour les moteurs asynchrones triphasés ou monophasés ou pour les moteurs de pompe, permettant ainsi un démarrage ou une coupure manuelle. Le disjoncteur moteur assure une protection thermique et magnétique complète. Il est équipé d'un bouton-poussoir de commande manuelle en façade pour garantir la sécurité du moteur électrique en cas de surcharge ou de court-circuit. En réglant le calibre de la protection thermique, il est possible d'ajuster l'intensité de l'appareil en fonction de celle indiquée sur la plaque signalétique du moteur, exprimée en ampères. [15].



Figure II.2: Disjoncteur-moteur.

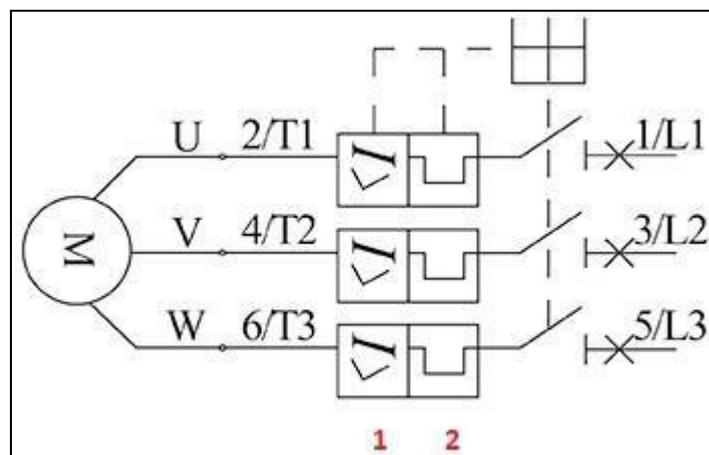


Figure II.3: Schéma d'un disjoncteur moteur magnétothermique.

II.3.2 La protection thermique

Le déclencheur thermique, également connu sous le nom de bilame, est un dispositif de protection qui assure la sécurité contre les surcharges du moteur en protégeant chaque phase individuellement. En cas de surintensité prolongée, le déclencheur thermique se chauffe et active un mécanisme qui ouvre les contacts électriques. Il est possible de régler le seuil de déclenchement du déclencheur thermique sur le disjoncteur moteur pour qu'il puisse supporter un courant d'appel élevé lors du démarrage du moteur.

Chaque disjoncteur moteur dispose d'une plage de réglage qui permet d'ajuster précisément la protection thermique en fonction de l'intensité nominale du moteur qu'il protège. Cette opération est simple à effectuer grâce à une molette de réglage située à l'avant du disjoncteur magnétothermique.

II.3.3 La protection magnétique

La protection magnétique, aussi appelée déclencheur magnétique, assure la protection contre les courts-circuits. Composé d'un électroaimant qui protège chaque phase du moteur, il permet la coupure de l'électricité en cas de détection de court-circuit. Le déclencheur magnétique repose sur un champ magnétique qui actionne une partie mobile et commande l'ouverture des contacts. Contrairement à la protection thermique, il n'y a pas de plage de réglage pour la protection magnétique, car elle se déclenche automatiquement dès qu'un court-circuit est détecté.

II.3.4 Le relais électromécanique

Le relais électromécanique est un composant électrique qui permet de distribuer la puissance à partir d'un signal émis par le système de commande.

Un relais est composé d'une bobine à la partie de commande et des contacts à la partie de puissance.

Lorsque la bobine est alimentée en courant, elle génère une force qui agit sur un système de commutation électrique (contacts).

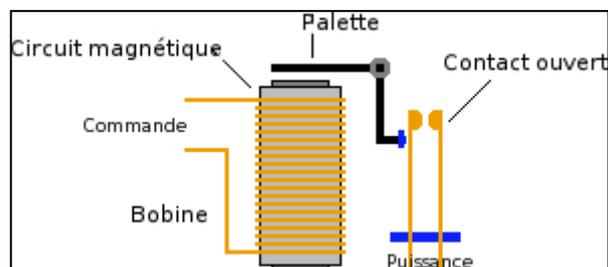


Figure II.4: Le fonctionnement D'un relais électromécanique.

Selon les spécifications et les besoins, l'électroaimant (la bobine) d'un relais peut être alimenté par une très basse tension (TBT) inférieure à 12 V, 24V, 48V en courant continu alternatif, ou par une Basse Tension (BT) 230V, 400V.

Le système de commutation peut être composé d'un ou plusieurs contacts simples, soit normalement ouverts (NO), soit normalement fermés (NF ou NC). Ces contacts sont conçus pour gérer les courants et les plages de tension nécessaires pour la partie puissance.

Certains relais peuvent être dotés de mécanismes ou de dispositifs pneumatiques qui introduisent un retard lors de l'enclenchement ou du relâchement (on parle alors de relais "temporisés").

Dans les systèmes de haute puissance, les relais sont appelés "contacteurs".: [16]

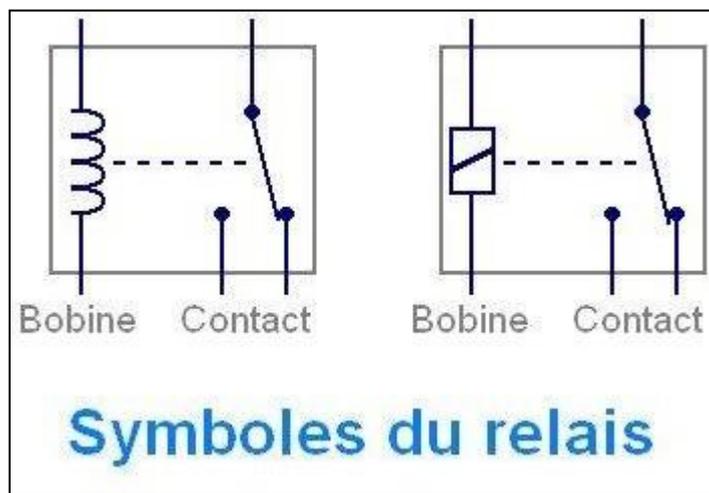


Figure II.5: Le symbole de relais.

II.3.5 Le Fonctionnement de Relais

Le relais est celui dont les contacts se ferment lorsque la bobine est alimentée, et reviennent à leur état initial lorsque la bobine cesse d'être alimentée, généralement grâce à un ressort.

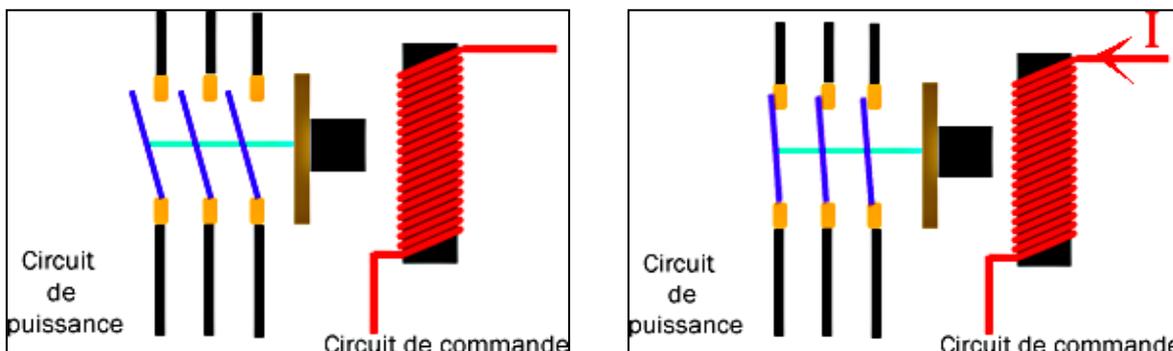


Figure II.6 : Schéma explicatif du fonctionnement de relais.

II.3.6 Le Contacteur

Le contacteur est un dispositif électromagnétique utilisant des contacts de puissance pour assurer le fonctionnement de moteurs, de résistances ou d'autres appareils nécessitant une puissance élevée. Selon le modèle, il peut également être équipé de contacts auxiliaires intégrés, qu'ils soient ouverts ou fermés. Il est également possible d'ajouter des blocs ou des modules auxiliaires spécifiquement conçus pour la télécommande ou la signalisation.

Le contacteur est composé des éléments suivants :

Une bobine

Un ressort de rappel

De 2 à 4 contacts de puissance ou pôles, pouvant être unipolaires, bipolaires, tripolaires.

Un circuit magnétique comprenant un aimant fixe et un aimant mobile (une armature fixe et une armature mobile).

Une bague de déphasage qui stabilise les vibrations des bobines alimentées en courant alternatif.

Des contacts auxiliaires pouvant être ouverts ou fermés.[17]

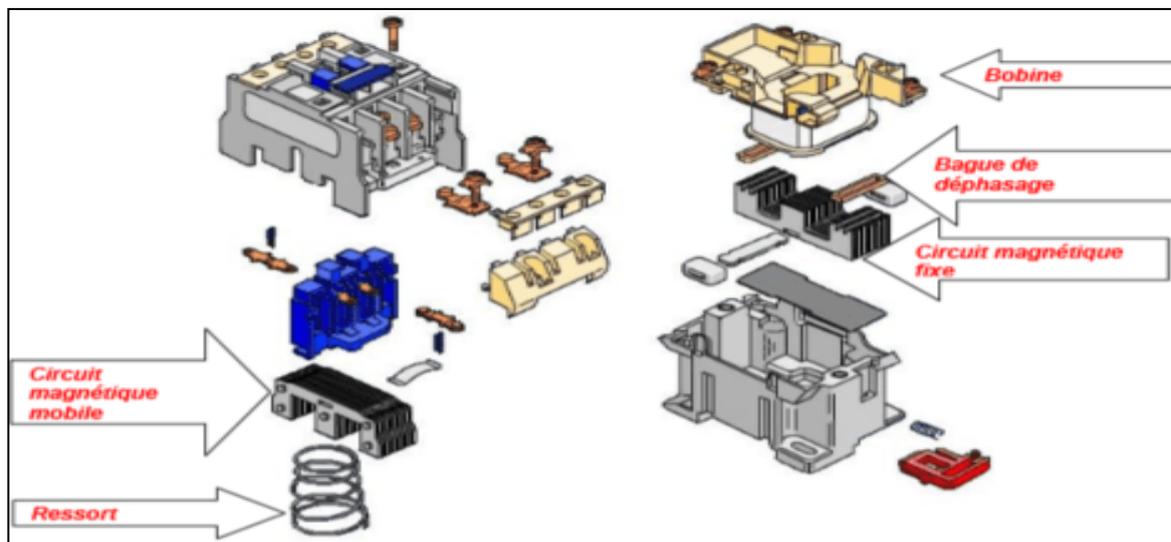


Figure II.7: La composition de contacteur.

II.3.7 Le Fonctionnement de contacteur

La bobine du contacteur, connecté aux bornes A1-A2, peut être alimentée en Courant alternatif ou en courant continu (24V,48V, 110V , 230V, 400V).

Lorsque la bobine est alimentée, un champ magnétique est créé, ce qui attire lapartie mobile de l'armature contre la partie fixe, provoquant la fermeture des contacts (ou leur ouverture, selon le modèle).

Lorsque la bobine n'est pas alimentée, le ressort de rappel sépare les deux parties de l'armature et maintient les contacts de puissance ouverts (ou fermés).

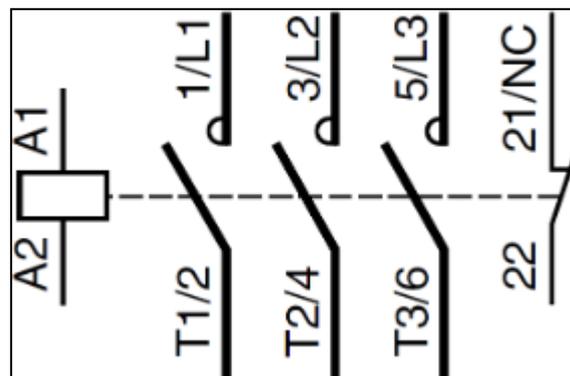


Figure II.8: Le symbole de contacteur dans un schéma de puissance.

II.4 L'instrumentation

II.4.1 Transmetteur de niveau



Figure II.9: Un transmetteur de niveau.

Le transmetteur en boîtier de terrain ou sur rail est une variante séparée du Prosonic FMU90 qui est utilisée pour mesurer le niveau continu sans contact de liquides, pâtes, boues et solides en vrac. Ce transmetteur est adapté au montage en armoire de commande et dispose d'une configuration simple par menus déroulants via un afficheur 6 lignes rétroéclairées. Il permet également un diagnostic rapide grâce à la représentation des courbes enveloppes sur l'afficheur, ainsi qu'une configuration, une documentation et un diagnostic simples du point de mesure grâce au logiciel "FieldCare".

Le transmetteur Time-of-Flight Prosonic FMU90 est également capable de mesurer le débit en canal ouvert ou déversoir, ainsi que de mesurer simultanément le niveau et le débit dans un bassin d'orage avec surverse, à l'aide d'une seule sonde. L'appareil de mesure de niveau et de débit corrige le temps de parcours à travers des sondes de température intégrées ou externes, et calcule en ligne le débit des déversoirs/canaux des communes et collectivités territoriales, en utilisant des courbes de débit intégrées.

Le transmetteur de niveau et de débit peut accepter jusqu'à deux sondes de niveau, propose un choix de 15 langues et une linéarisation pouvant aller jusqu'à 32 points.

II.4.2 Caractéristiques

Les fonctionnalités de l'appareil incluent la facilité de configuration, de diagnostic et de documentation pour les points de mesure, grâce à l'utilisation du logiciel d'exploitation fourni. Il est possible de linéariser jusqu'à 32 points, avec une configuration libre, et d'accéder à des courbes de linéarisation préétablies pour les canaux et les déversoirs les plus couramment utilisés. De plus, le calcul en ligne du débit des déversoirs et des canaux peut être effectué à l'aide de courbes de débit intégrées. Enfin, la reconnaissance automatique des sondes FDU9x est également disponible.

II.4.3 principe de mesure

La sonde émet des impulsions ultrasoniques vers la surface du produit, qui sont renvoyées et détectées par la sonde. Le temps t entre l'émission et la réception de l'impulsion est mesuré par le transmetteur Prosonic S FMU90. En utilisant le temps t et la vitesse du son c , la distance D entre la membrane de la sonde et la surface du produit est calculée selon la formule suivante : D

$= c \cdot t/2$. Cette distance D est utilisée pour déterminer diverses informations telles que le niveau L , le volume V et le débit Q dans les canaux ouverts ou déversoirs. [18]

II.4.4 poire de niveau haut et bas

La POIRE est un dispositif de régulation de niveau qui se compose d'un interrupteur mécanique placé à l'intérieur d'une enveloppe en plastique suspendue à la hauteur souhaitée. Cette enveloppe contient l'interrupteur qui interrompt (ou rétablit) le circuit électrique lorsque le niveau d'eau atteint sa position, ce qui déclenche une action telle qu'un signal d'alarme, la mise en marche ou l'arrêt d'une pompe, etc.

Elle est conçue pour être résistante à l'usure, elle ne nécessite donc aucun entretien. De plus, son enveloppe lisse empêche les impuretés de se déposer à sa surface. En utilisant deux régulateurs POIRE, il est possible de maintenir le niveau de liquide entre une limite inférieure et une limite supérieure prédéfinie [19].



Figure II.10: La poire de niveau

II.4.5 Le Fonctionnement

Utilisé en binôme avec un autre flotteur du même type, de régulateur le niveau minimum et maximum d'une cuve. [19]

1-Mode vidange

Lorsque le niveau de l'eau atteint le niveau haut, le flotteur bascule actionnant la pompe pour vider le réservoir.

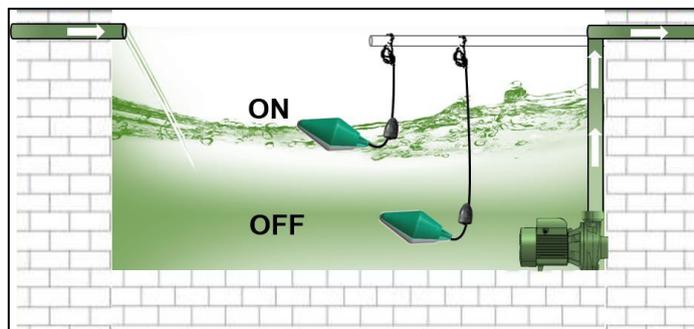


Figure II.11: Photo en mode vidange de la poire.

2-Mode remplissage

Lorsque la cuve se vide jusqu'à ce que le flotteur redevienne vertical, ce dernier active la pompe pour remplir le réservoir.

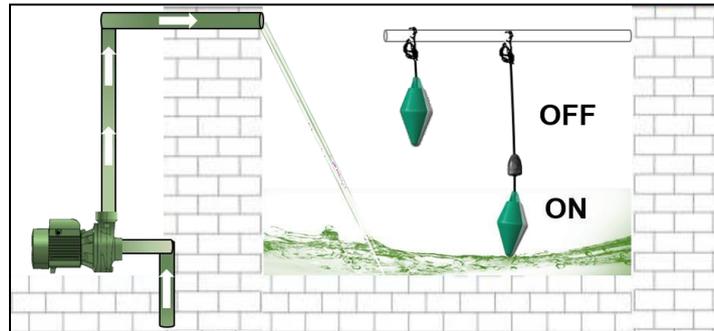


Figure II.12: Photo en mode remplissage de la poire.

II.4.6 L'intérieur de la poire



Circuit ouvert

Circuit fermé

Figure II.13: Image de l'intérieur de la poire.

II.4.7 débitmètre électromagnétique Proline Promag P 300

Le débitmètre électromagnétique Proline Promag P 300 est une solution adaptée pour les applications impliquant des liquides corrosifs et des températures de produit élevées dans les secteurs chimiques et de processus. Il est conçu pour mesurer le débit avec une haute précision dans ces conditions difficiles. Le transmetteur compact de ce débitmètre haut température est facilement accessible et convient parfaitement aux applications de processus. De plus, il offre une grande flexibilité en termes de configuration et d'intégration système, avec une seule face d'accès, un afficheur séparé et des options de connectivité améliorées. La technologie Heartbeat est également incluse pour garantir la conformité et la sécurité du processus à tout moment [20].



Figure II.14: Débitmètre Electromagnétique.

II.4.8 Caractéristiques

Peut mesurer le débit volumique, la conductivité et le débit massique pour une gamme de diamètres nominaux allant de DN 15 à 600 (½ à 24"). La gamme de mesure varie de 4 dm³/min à 9600 m³/h (1 gal/min à 44 000 gal/min), avec une pression de process maximale de PN 40, Class 300, 20K. La plage de température ambiante varie de -10 à +60 °C (+14 à +140 °F) pour les matériaux de bride en acier au carbone et de -40 à +60 °C (-40 à +140 °F) pour les matériaux de bride en acier inoxydable. Le boîtier du capteur est en AlSi10Mg pour les DN 15 à 600 (½ à 1'2"), revêtu, et en acier au carbone avec un vernis protecteur pour les DN 350 à 600 (14 à 24"). Le dispositif a un indice de protection standard IP66/67 et un boîtier de type 4X, avec une option IP69. Il est certifié pour une utilisation en environnement potentiellement explosif selon les normes ATEX, IECEx, cCSAus, INMETRO, NEPSI, EAC. La communication numérique est possible avec les protocoles HART, PROFIBUS DP, PROFIBUS PA, FOUNDATION Fieldbus, Modbus RS485, Profinet, Ethernet/IP, OPC-UA.

II.4.9 principe de fonctionnement

Le fonctionnement du dispositif électromagnétique repose sur le principe selon lequel le fluide en mouvement agit comme un conducteur. La vitesse d'écoulement (v) induit une tension (U_e) qui est proportionnelle à cette dernière, et qui est transmise à l'amplificateur par deux électrodes de mesure. Le volume écoulé (Q) est déterminé à partir de la section de la conduite (A). Pour produire un champ magnétique continu, un courant continu à polarité variable est utilisé.

II-4-10 domaine d'application

Ce dispositif de mesure bidirectionnel est particulièrement adapté aux domaines d'application où la pression, la masse volumique, la température et la viscosité sont des facteurs critiques. Il est spécialement conçu pour les applications impliquant des liquides corrosifs et des températures de produit élevées dans les domaines de la chimie et des procédés industriels.

Conclusion

Le présent de ce chapitre reprend une description de l'installation du réseau et équipement électriques utilisée dans la station de façon détaillée ainsi leur principe de fonctionnement

Le prochain chapitre sera consacré à l'automatisation et la programmation de projet.

Chapitre III

Automate Programmable

Introduction

En raison de la complexité inhérente des systèmes industriels, il est essentiel de les décomposer en sous-systèmes plus faciles à modéliser. En combinant les différents modèles, il devient possible d'inférer le comportement global du système complexe. Ainsi, la modélisation joue un rôle crucial dans la représentation du système (ou du problème) sous une forme mathématique ou graphique.

Une fois cette étape réalisée, l'automatisation du système devient plus accessible et plus facile. Cela implique l'automatisation de tâches ou de séquences d'opérations manuelles. Cette évolution a entraîné une forte concurrence dans le domaine du développement industriel, avec plusieurs fabricants qui se sont imposés sur le marché. Parmi les plus connus, on retrouve SIEMENS, SCHNEIDER, ALEN BRDELY, etc. Chacun d'entre eux vise à satisfaire les exigences en matière de contrôle des processus industriels en améliorant continuellement les automates programmables et leurs langages de programmation.

Dans ce chapitre nous allons utiliser l'automate S7-1500 R/H siemens et périphérique d'entrée et de sortie ET200S.

Pour cette raison, ce chapitre a été divisé en deux grandes parties : la modélisation et la programmation.

III.1 Structure d'un système automatisé

La structure d'un système automatisé peut varier en fonction de sa complexité et de son domaine d'application spécifique. Cependant, voici une structure générale qui se retrouve souvent dans de nombreux systèmes automatisés :

Capteurs : Les capteurs sont des dispositifs utilisés pour mesurer les grandeurs physiques telles que la température, la pression, le mouvement, la luminosité, etc. Ils permettent de collecter des données sur l'état ou l'environnement du système automatisé.

- ❖ **Unité de traitement** : L'unité de traitement, qui peut être un automate programmable industriel (API) ou un ordinateur, est responsable de l'exécution des instructions et des algorithmes pour contrôler le fonctionnement du système. Elle traite les données provenant des capteurs, prend des décisions logiques et envoie des commandes aux actionneurs.
- ❖ **Logiciel de contrôle** : Le logiciel de contrôle est le programme informatique qui définit les règles et les algorithmes pour le fonctionnement du système automatisé. Il peut être programmé à l'aide de langages spécifiques tels que le langage ladder, le langage de séquence graphique (Ladder Diagram), ou des langages de programmation plus généraux.

Actionneurs : Les actionneurs sont des dispositifs qui agissent en réponse aux commandes du système automatisé. Ils transforment les signaux de contrôle en actions physiques, par exemple en effectuant des mouvements, en activant des vannes, en allumant/éteignant des lumières, etc.

Interfaces homme-machine (IHM) : Les IHM sont les interfaces utilisées par les opérateurs ou les utilisateurs pour interagir avec le système automatisé. Elles peuvent comprendre des écrans, des boutons, des claviers, des écrans tactiles ou d'autres dispositifs permettant de visualiser les informations du système et de donner des commandes ou des instructions.

Réseaux de communication : Dans les systèmes automatisés complexes, il peut y avoir des réseaux de communication qui permettent aux différents composants du système de transmettre des données et de se coordonner. Cela peut inclure des protocoles de communication industriels tels que Modbus, Profibus, Ethernet/IP, etc.

Ces éléments interagissent entre eux pour collecter des données, les traiter, prendre des décisions, et effectuer des actions dans le but d'automatiser les processus et les opérations. La structure d'un système automatisé est conçue de manière à optimiser l'efficacité, la fiabilité et la sécurité du système dans son domaine d'application spécifique.

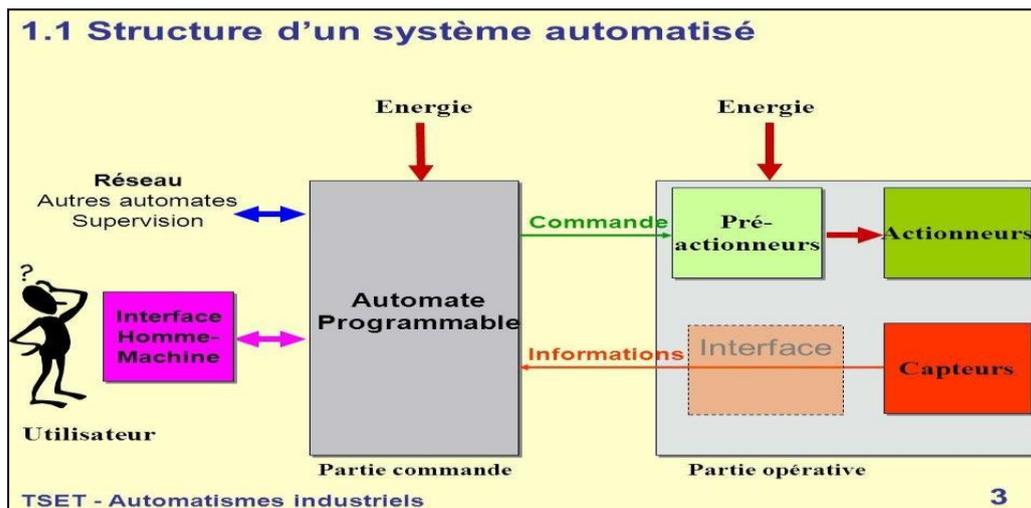


Figure III.1: La structure d'un système automatisé.

Un système automatisé se compose essentiellement de deux parties fondamentales la partie opérative et la partie commande :

A-Partie opérative :

Son rôle consiste à transformer la matière première en y ajoutant de la valeur. Les actionneurs, tels que les moteurs et les vérins, agissent sur les composants mécaniques du système, qui à leur tour, interagissent avec la matière première. Les capteurs détecteurs sont utilisés pour recueillir les différentes informations sur l'état du système.

B-Partie commande :

Elle assume le rôle de contrôle de la partie opérative en lui transmettant les instructions de fonctionnement. Les pré actionneurs sont responsables de la commande des actionneurs, en assurant le transfert d'énergie entre la source de puissance (telle que le réseau électrique ou pneumatique) et les actionneurs eux-mêmes. Des exemples de pré actionneurs sont les contacteurs et les distributeurs. Ces pré actionneurs sont à leur tour commandés par le bloc de traitement des informations. Ce bloc reçoit les consignes de l'opérateur via le pupitre de commande, ainsi que les informations provenant de la partie opérative via les capteurs détecteurs.

En fonction de ces consignes et de son programme de gestion des tâches, qui peut être implanté dans un automate programmable ou réalisé à l'aide de relais (on parle de logique câblée), elle commande les pré actionneurs et envoie des informations au pupitre de signalisation ou à d'autres systèmes de commande et/ou de supervision, en utilisant un réseau et un protocole de communication.

III.2 Automate programmable industriel

L'Automate Programmable Industriel (API) est un dispositif électronique programmable conçu spécifiquement pour l'environnement industriel. Son rôle principal est d'automatiser les opérations en contrôlant les pré actionneurs et les actionneurs à l'aide d'informations logiques, analogiques ou numériques.

Contrairement à d'autres systèmes informatiques, l'API peut être programmé par un personnel non informaticien et est utilisé pour piloter en temps réel les processus industriels. De nos jours, l'API est un élément essentiel des procédés de fabrication modernes, considéré comme le "cerveau" de ces systèmes. Les techniciens sont chargés de concevoir, entretenir et résoudre les problèmes liés à ces automates industriels.

III.2.1 Structure interne d'API

La structure interne d'un automate est généralement composée des éléments suivants :

a-Module d'Alimentation :

L'automate est alimenté par une source d'énergie, généralement électrique, qui fournit la puissance nécessaire à son fonctionnement, à partir d'une source d'alimentation alternative de 220V, des sources de tension sont converties pour fournir une tension continue de 24V à l'automate.

b-Unité centrale :

C'est le cœur de l'automate qui exécute les instructions et les programmes.

L'unité centrale de l'automate est constituée d'un microprocesseur qui exécute toutes les opérations logiques, arithmétiques et de traitement numérique (telles que le transfert, le comptage et la temporisation) en se basant sur un programme stocké dans sa mémoire. Elle est responsable de l'interprétation et de l'exécution séquentielle des instructions, orchestrées par une horloge.

c-Bus de communication :

Il s'agit d'un moyen de communication interne permettant aux différents composants de l'automate, tels que le CPU, la mémoire et les modules d'E/S, de communiquer entre eux.

d-Mémoire :

L'automate dispose de différents types de mémoires pour stocker les programmes, les données et les variables. Cela peut inclure une mémoire vive (RAM) pour les données temporaires et une mémoire morte (ROM) pour le stockage permanent du programme.

e-Interfaces d'entrées/sorties (E/S) :

Ces interfaces permettent à l'automate de communiquer avec le monde extérieur. Les entrées reçoivent des signaux provenant des capteurs ou d'autres dispositifs, tandis que les sorties envoient des signaux aux actionneurs ou à d'autres systèmes.

f-Module d'entrées / sortie :

Ils sont utilisés pour étendre les capacités d'E/S de l'automate. Ces modules peuvent être connectés à l'automate via des bus de communication et fournissent des ports supplémentaires pour les signaux d'entrée et de sortie.

g-Horloge temps réel :

Un automate peut inclure une horloge interne pour gérer les événements temporels et les tâches programmées à des moments spécifiques.

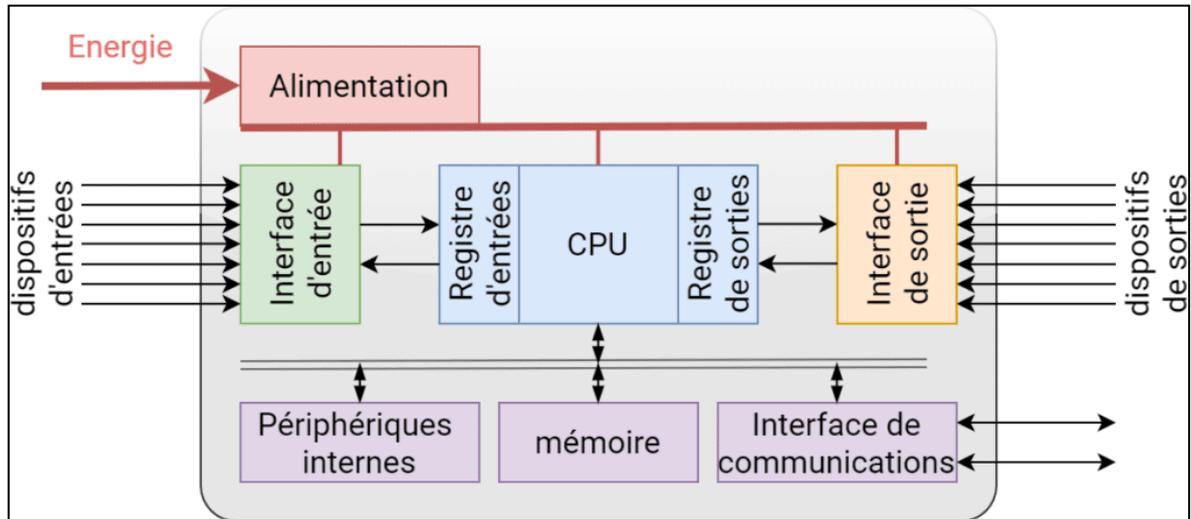


Figure III.2: La structure interne d'API.

III.3 Critères de choix d'un automate

a) **Le nombre d'entrées/sorties :** Lorsque le nombre d'entrées/sorties nécessaires augmente, le choix du nombre de cartes peut influencer le nombre de racks requis.

b) **Type de processeur :**

Les caractéristiques telles que la capacité mémoire, la vitesse de traitement et les fonctionnalités spéciales offertes par le processeur sont des facteurs importants lors du choix parmi une large gamme d'options disponibles.

c) **Fonctions ou modules spéciaux :**

Certaines cartes, telles que la commande d'axe ou le pesage, peuvent décharger le processeur et doivent offrir les caractéristiques souhaitées, telles que la résolution appropriée.

d) **Fonctions de communication :**

L'automate doit être capable de communiquer avec d'autres systèmes de commande tels que les API et la supervision. Il doit également offrir des options de communication conformes aux normes standardisées telles que Profibus.

En prenant en considération les aspects mentionnés précédemment, nous avons opté pour l'utilisation d'un automate SIEMENS, modèle S7-1500, qui offre une redondance de traitement.

III.4 L'automate S7-1500R/H redondant

L'automate S7-1500R/H redondant de Siemens est un système de contrôle automatisé conçu pour offrir une redondance et une haute disponibilité dans les applications critiques. Il se compose de deux automates S7-1500 connectés en mode redondant, fonctionnant en parallèle pour assurer une continuité de fonctionnement en cas de défaillance d'un automate.

Le système redondant S7-1500R/H utilise des mécanismes de surveillance et de synchronisation pour garantir que les deux automates fonctionnent en synchronisation, partageant les mêmes données et exécutant les mêmes instructions. En cas de défaillance d'un automate, l'autre prend automatiquement le relais sans interruption perceptible dans les opérations.

Cela permet une plus grande fiabilité et disponibilité du système dans des environnements où l'arrêt de production ou les erreurs coûteuses doivent être évités. L'automate S7-1500R/H redondant est souvent utilisé dans des industries telles que l'automobile, l'énergie, la chimie et les infrastructures critiques où la continuité de fonctionnement est essentielle.



Figure III.3: AUTOMATE S7-1500 R/H.

III.5 Embase d'Entrée/Sortie ET 200S

L'ET 200S est une station de périphérie décentralisée utilisée dans des réseaux de terrain, offrant une protection de classe IP20 et une modularité exceptionnelle. Les utilisateurs peuvent personnaliser leur station en fonction de leurs besoins spécifiques et y intégrer différentes technologies telles que des entrées/sorties TOR et analogiques, des composants pneumatiques, des départs moteurs, des variateurs de fréquence, des compteurs rapides, des systèmes de positionnement, des connexions série, etc. Cela permet de réduire le nombre d'interfaces nécessaires. Le système prend également en charge la sécurité des machines et des processus, soit de manière conventionnelle (avec pré-câblage), soit via le réseau avec la fonctionnalité PROFIsafe.

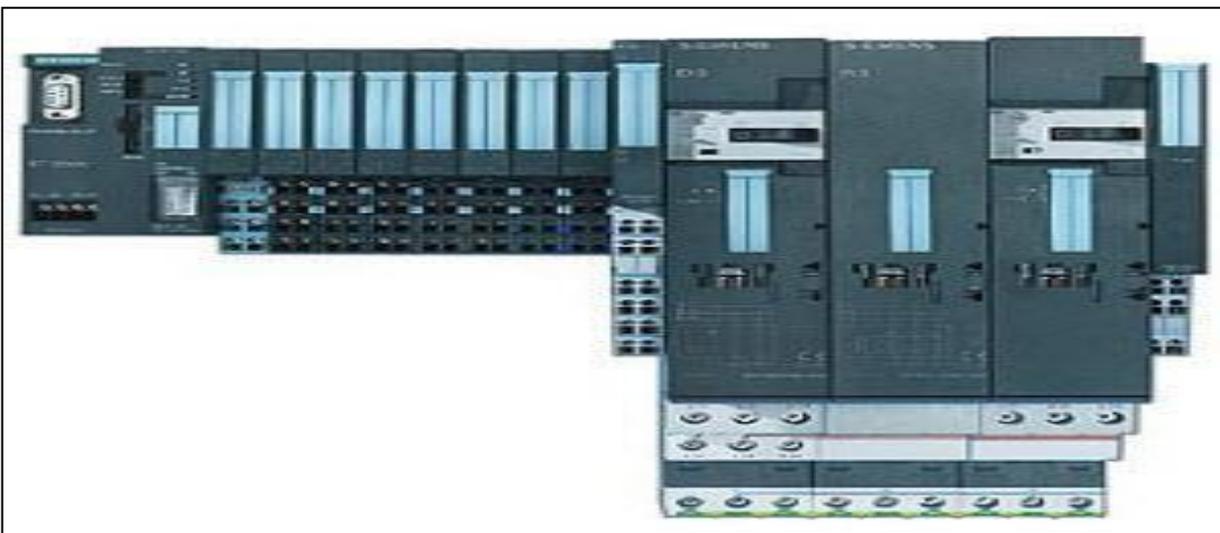


Figure III.4: Le module d'extension ET200S.

III.5.1 Les avantages

Réduction générale de 80 % des coûts de câblage par rapport aux technologies conventionnelles, grâce notamment au pré-câblage intégré, y compris pour les moteurs.

Gain d'espace de 50 % dans les coffrets et armoires électriques.

Réduction de plus de 50 % du temps de câblage des capteurs/actionneurs grâce aux embases Fast Connect auto-dénudantes.

Amélioration de la disponibilité de l'installation grâce au hot swapping, permettant le remplacement à chaud des modules défectueux sans interruption de l'ensemble du système.

Réduction significative des temps d'arrêt grâce à de puissants outils de diagnostic de pannes et de maintenance à distance.

Ces caractéristiques du système ET 200S offrent des économies de coûts, d'espace et de temps, ainsi qu'une meilleure fiabilité et une maintenance efficace pour les installations industrielles.

III.6 Moyen de communication

III.6.1 Le principe de profinet

PROFINET facilite la création de systèmes d'automatisation pour divers domaines tels que l'automatisation industrielle, les processus automatisés et l'automatisation des bâtiments. De plus, ces solutions sont utilisées pour assurer la sécurité et couvrent toute la gamme des technologies d'actionnement et de commande de mouvement synchronisée.

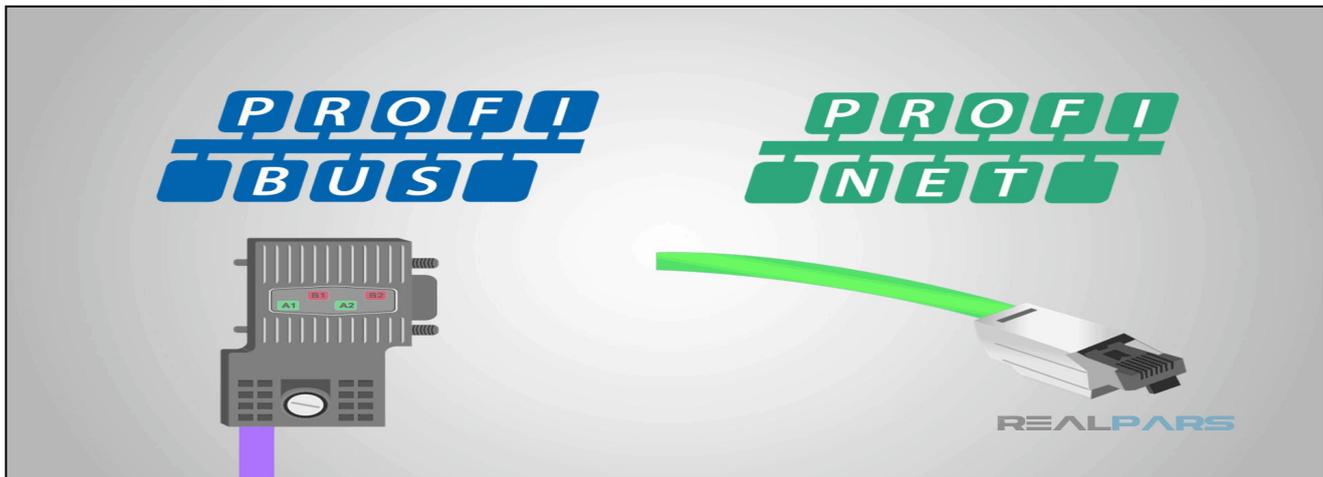


Figure III.5: Le câble profinet et profibus.

PROFINET (Process Field Network) est une norme de communication industrielle basée sur Ethernet qui offre une large gamme d'applications. Ce réseau utilise les protocoles TCP/IP et les normes de technologie de l'information, permettant ainsi un traitement en temps réel et l'intégration de systèmes de bus de terrain. PROFINET a été développé par Siemens en collaboration avec les membres de l'organisation d'utilisateurs de PROFIBUS (PNO) et est généralement utilisé avec les systèmes de commande Siemens. Grâce aux normes CEI 61158 et CEI 61784, PROFINET a été normalisé et constitue une technologie de communication universelle qui répond à toutes les exigences de l'automatisation.

La certification PNO garantit la compatibilité internationale des appareils PROFINET.

III.6.2 le principe de Profibus

Profibus (Process Field Bus) est un réseau de terrain ouvert qui offre une solution polyvalente pour une variété d'applications dans différents domaines, notamment :

- Les procédés de fabrication, tels que le contrôle des processus séquentiels et des processus discontinus par lots (batch).
- Les procédés continus, incluant le contrôle et la régulation.
- La gestion des bâtiments, y compris la gestion technique centralisée et la gestion technique du bâtiment.

En tant que réseau non propriétaire, Profibus a été développé à partir de travaux initiés en 1987 par le ministère fédéral allemand de la Recherche technologique, avec la collaboration d'un consortium d'entreprises industrielles et d'instituts de recherche allemands, sous la coordination de Siemens AG. La norme allemande DIN 19245 a été créée en 1991, puis normalisée en tant que norme européenne EN 50170 par le Cenelec en 1996. Depuis 1999, le réseau Profibus est également reconnu par la norme internationale CEI 61158, aux côtés d'autres réseaux tels que ControlNet, P-Net, Fieldbus Foundation High-Speed-Ethernet, SwiftNet, WorldFip et Interbus-S.

Le projet CEI 61158 a rencontré des difficultés, mais le groupe de travail a finalement abouti à un compromis de norme qui intègre sept réseaux différents, parfois moins répandus. Les travaux d'harmonisation de la norme CEI 61158 se poursuivent, notamment pour préciser les différents types de réseaux identifiés au niveau des couches 2 et 7.

III.6.3 Câble RJ 45

Un câble RJ-45 est un type de câble utilisé pour les connexions Ethernet, notamment pour les réseaux informatiques et les connexions Internet. Il est souvent utilisé pour relier des périphériques tels que des ordinateurs, des routeurs, des commutateurs et des modems.

Le câble RJ-45 utilise un connecteur de type RJ-45 (Registered Jack 45), qui est un connecteur à huit broches. Ce connecteur est généralement inséré dans un port Ethernet correspondant sur les appareils réseau. Le câble RJ-45 est capable de transmettre des données à haut débit et prend en charge diverses normes Ethernet, telles que 10BASE-T, 100BASE-TX et 1000BASE-T.

Il convient de noter que le câble RJ-45 ne doit pas être confondu avec le câble téléphonique RJ-11, qui utilise un connecteur plus petit à quatre broches et est principalement utilisé pour les connexions téléphoniques analogiques.

III.7 Variateur de vitesse :

Le variateur de vitesse Siemens de 37 kW, avec une tension d'alimentation de 380 V, est un équipement utilisé pour contrôler la vitesse d'un moteur électrique. Il est conçu pour gérer des charges de puissance élevée dans des applications industrielles.

Ce variateur de vitesse Siemens fonctionne avec une tension d'alimentation de 380 V, ce qui est couramment utilisé dans de nombreux systèmes industriels. Il permet de réguler la vitesse du moteur de manière précise et efficace, offrant ainsi un contrôle optimal dans diverses applications.

Avec une puissance de 37 kW, ce variateur de vitesse est capable de gérer des charges importantes et est adapté aux moteurs de taille moyenne à grande. Il offre des fonctionnalités avancées telles que le démarrage et l'arrêt progressifs, la régulation précise de la vitesse, la protection contre les surcharges et d'autres caractéristiques de sécurité.

Grâce à la fiabilité et aux performances élevées des variateurs de vitesse Siemens, cet équipement est couramment utilisé dans des secteurs tels que l'industrie manufacturière, l'automatisation des usines, l'industrie pétrolière et gazière, ainsi que dans d'autres applications industrielles exigeantes.



Figure III.6: Le variateur de vitesse Siemens.

III.8 Logiciel de programmation « TIA Portal V16 »

III.8.1 Présentation du logiciel :

TIA Portal, abréviation de Totally Integrated Automation Portal, est un environnement de développement intégré (IDE) développé par Siemens. Il s'agit d'une plateforme logicielle complète qui facilite la programmation, la configuration et la mise en service des systèmes d'automatisation industrielle.

La plate-forme TIA Portal (Totally Integrated Automation) représente la dernière avancée des logiciels de Siemens pour la mise en œuvre de solutions d'automatisation. Ce logiciel intègre un système d'ingénierie complet en regroupant différentes fonctionnalités au sein d'une seule plateforme.

Il permet ainsi la programmation et la configuration de divers dispositifs d'une installation, tels que les automates, les interfaces homme-machine (HMI), les variateurs, et bien d'autres.

III.8.2 STEP 7 sur TIA portal :

SIMATIC STEP 7 Basic (TIA Portal) est une version abordable et simplifiée du logiciel STEP 7 Professional Controller Software intégré dans le TIA Portal. Cette version est spécifiquement conçue pour l'ingénierie des microcontrôleurs SIMATIC S7-1500 et la configuration des panneaux SIMATIC HMI Basic. Il est important de noter que le logiciel WinCC Basic est inclus en tant que composant essentiel de l'ensemble du package logiciel.

III.8.3 Vue du portal et vue du projet :

Lorsqu'on lance TIA Portal, l'interface de travail est divisée en deux types de vues distinctes.

La vue du portal : Cette vue met l'accent sur les tâches à accomplir et elle est rapidement prise en main. Elle offre une approche simplifiée pour accéder aux principales fonctionnalités du logiciel.

La vue du projet : Cette vue présente une structure en arborescence qui répertorie les différents éléments du projet. Les éditeurs nécessaires s'ouvrent automatiquement en fonction des tâches à effectuer. Les données, les paramètres et les éditeurs peuvent être consultés et gérés dans une seule et même vue, offrant ainsi une vue d'ensemble pratique.

III.8.4 Vue du tiaportal

Chaque portail correspond à une catégorie spécifique de tâches à accomplir. Dans la fenêtre, une liste des actions disponibles pour la tâche sélectionnée est affichée.

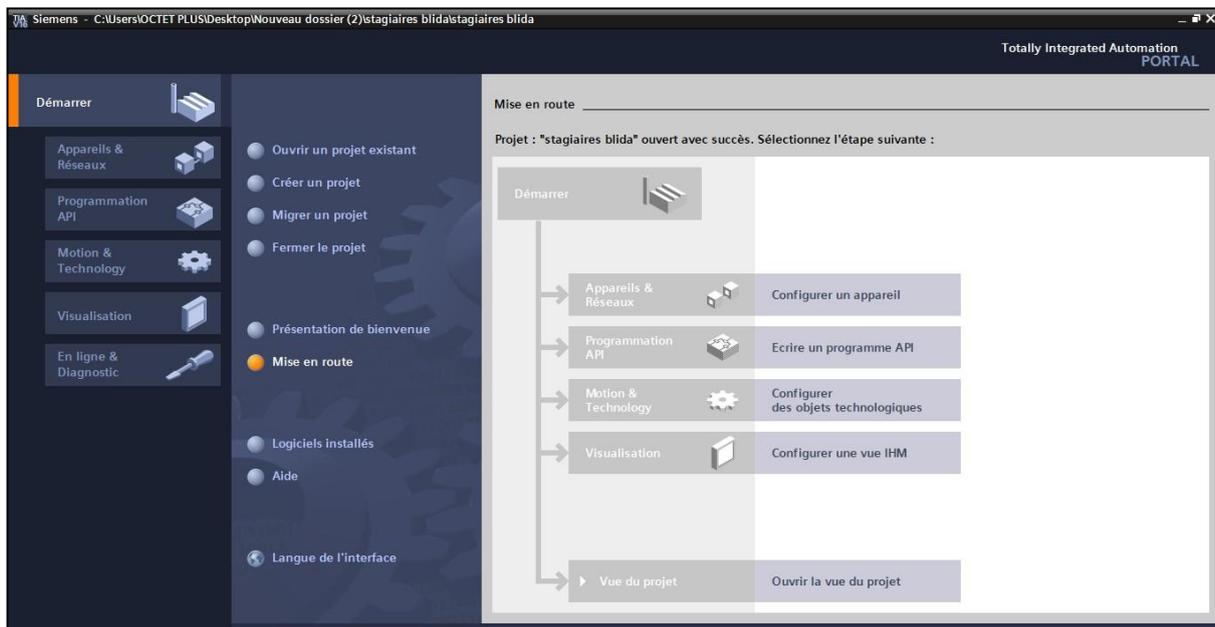


Figure III.7: Vue du tiaPortal.

III.8.5 Vue du projet

L'élément "Projet" regroupe tous les éléments et les données nécessaires pour mettre en place la solution d'automatisation désirée. Il constitue une sorte de conteneur central où sont rassemblés tous les éléments essentiels pour la réalisation du projet d'automatisation.

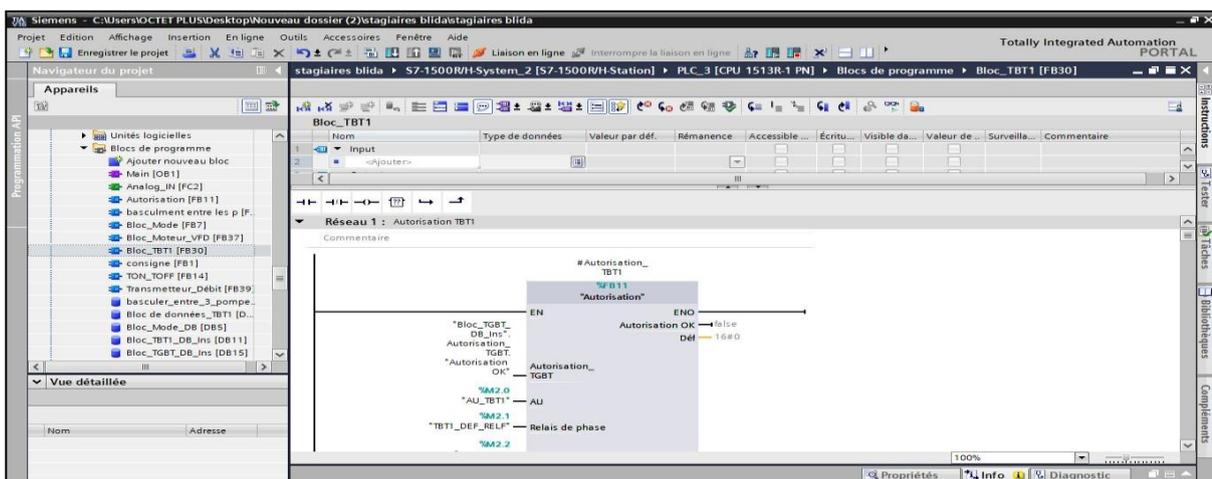


Figure III.8: Vue du Projet.

1-La fenêtre de travail : permet de visualiser les objets sélectionnés dans le projet qui doivent être traités. Ces objets peuvent inclure des composants matériels, des blocs de programme, des tables de variables, des interfaces homme-machine (IHM), etc.

2-La fenêtre d'inspection : offre la possibilité de consulter des informations supplémentaires sur l'objet sélectionné ou sur les actions en cours d'exécution. Elle peut afficher des propriétés du matériel sélectionné, des messages d'erreur lors de la compilation des blocs de programme, etc.

3-Les onglets de sélection : de tâches présentent du contenu qui varie en fonction de l'objet sélectionné. Par exemple, pour la configuration matérielle, les bibliothèques de composants, les blocs de programme, les instructions de programmation, etc.

Cet environnement de travail contient une grande quantité de données. Il est possible de masquer ou de réduire certaines de ces fenêtres lorsque vous ne les utilisez pas. De plus, il est possible de redimensionner, de réorganiser et de détacher les différentes fenêtres selon vos préférences.

III.8.6 Les variables API

Toutes les variables globales (entrées, sorties, mémentos, etc.) dans TIA Portal sont associées à une adresse symbolique et une adresse absolue.

L'adresse absolue représente l'identificateur d'opérande (I, Q, M, etc.) ainsi que son adresse et son numéro de bit correspondants.

L'adresse symbolique correspond au nom que l'utilisateur a attribué à la variable (par exemple: "Bouton Marche"). Le lien entre les adresses symboliques et absolues est établi dans la table des variables API.

Lors de la programmation, il est possible de choisir d'afficher les adresses absolues, symboliques ou les deux simultanément, selon les préférences de l'utilisateur.

III.8.7 Types de variables utilisées en STEP7

Différents types de variables distincts sont utilisés dans STEP 7, et chacune de ces variables doit être déclarée avant le début du programme. Le tableau ci-dessous regroupe ces différentes variables :

Tableau III.1: Les types de variables de Step7

Type	Taille
Bool	1 bit
Real	32 bits
Int	16 bits
Byte	8 bits
Word	16 bits
DWord	32 bits
DInt	32 bits
Char	8 bits
Time	32 bits
S5Time	16 bits
Date	16 bits
Time of Day	32 bits

III.8.8 Configuration de l'API S7-1500 R/H

Voici les étapes pour créer un projet pour SIMATIC S7-1500 :

Les programmes pour SIMATIC S7-1500 sont organisés sous forme de projets. Pour créer un nouveau projet, nous allons utiliser la vue portail. Cliquez sur "Créer un projet" et spécifiez le nom du projet, par exemple "stagiaires Blida". Ensuite, cliquez sur "Créer" pour créer le projet.

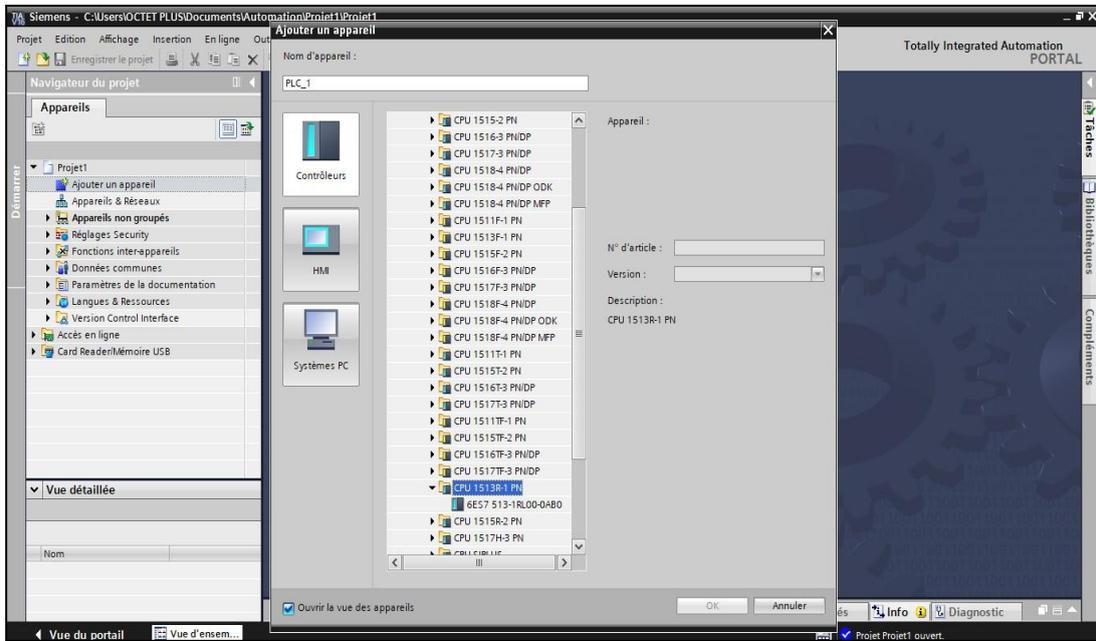


Figure III.9: choix de l'automate.

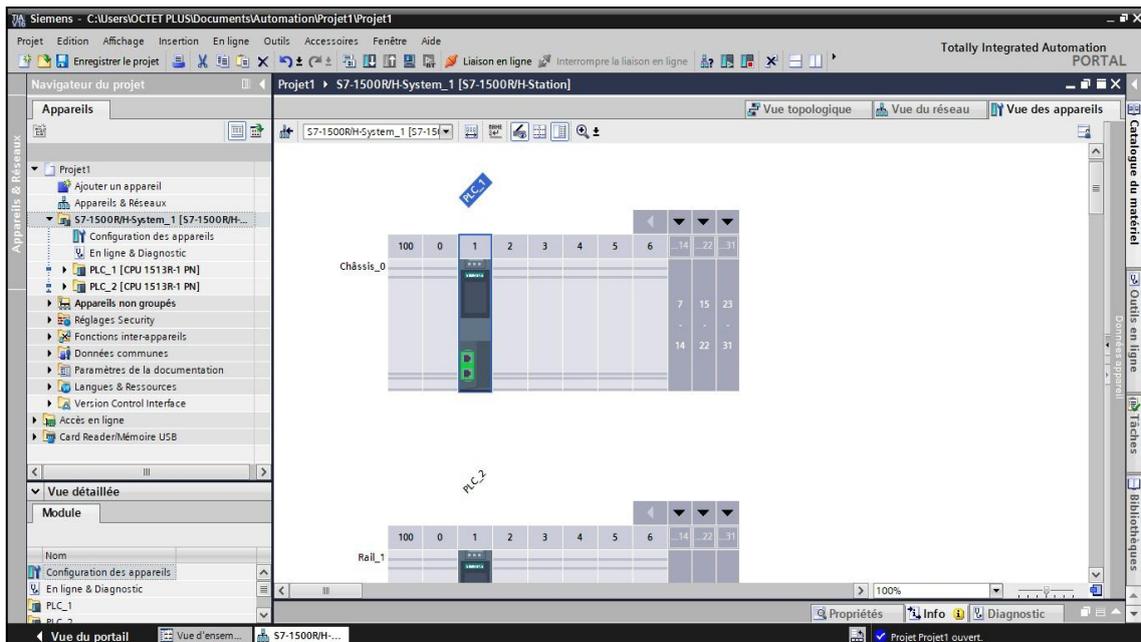


Figure III.10: Vue des appareils.

III.8.10 Les Bloc de programme

a. Bloc OB : Les OB cycliques sont traités de manière cyclique. Il s'agit de blocs de code de niveau supérieur dans le programme, dans lesquels vous pouvez programmer des instructions ou appeler d'autres blocs.

b. Bloc FB : Les blocs fonctionnels sont des blocs de code qui sauvegardent en permanence leurs valeurs dans des blocs de données d'instance afin qu'il soit possible d'y accéder même après le traitement du bloc.

c. Bloc DB : Les blocs de données (DB) servent à sauvegarder les données du programme.

d. Bloc FC : Les fonctions sont des blocs de code sans mémoire.

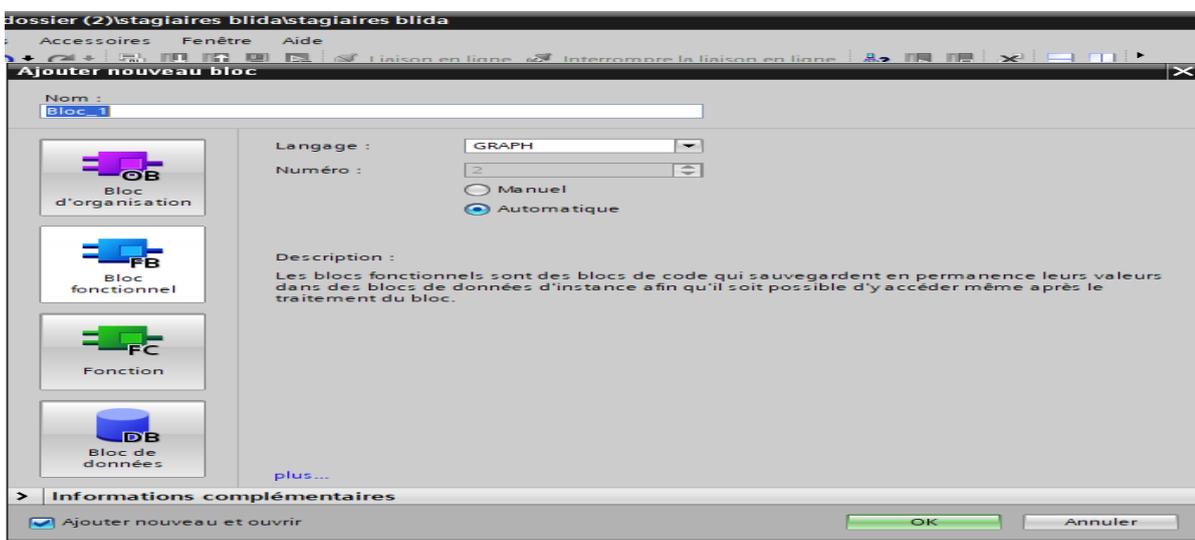


Figure III.11: Vue de bloc de programme.

III.8.11 Langage de programmation

La programmation d'une API implique la conversion des équations de fonctionnement d'un système à automatiser dans le langage spécialisé de l'automate. Parmi les langages normalisés les plus populaires et largement utilisés, on trouve :

- Le langage à contacts (LADDER)
- Le langage List d'instructions (Instruction List)
- Le langage GRAFCET (Sequential Function Chart : SFC)

En général, les constructeurs d'API offrent des environnements logiciels graphiques pour la programmation.

1-LADDER :

Le langage Ladder est composé de séries de "réseaux de contacts" qui transmettent des informations logiques des entrées vers les sorties. Il s'agit essentiellement d'une représentation directe des circuits de commande électriques.

Parmi les blocs qu'on a utilisés par ce langage est :

Le réseau 1 et le réseau 2 pour la normalisation des signaux analogiques , conversion analogique Int to Real (4-20mA).

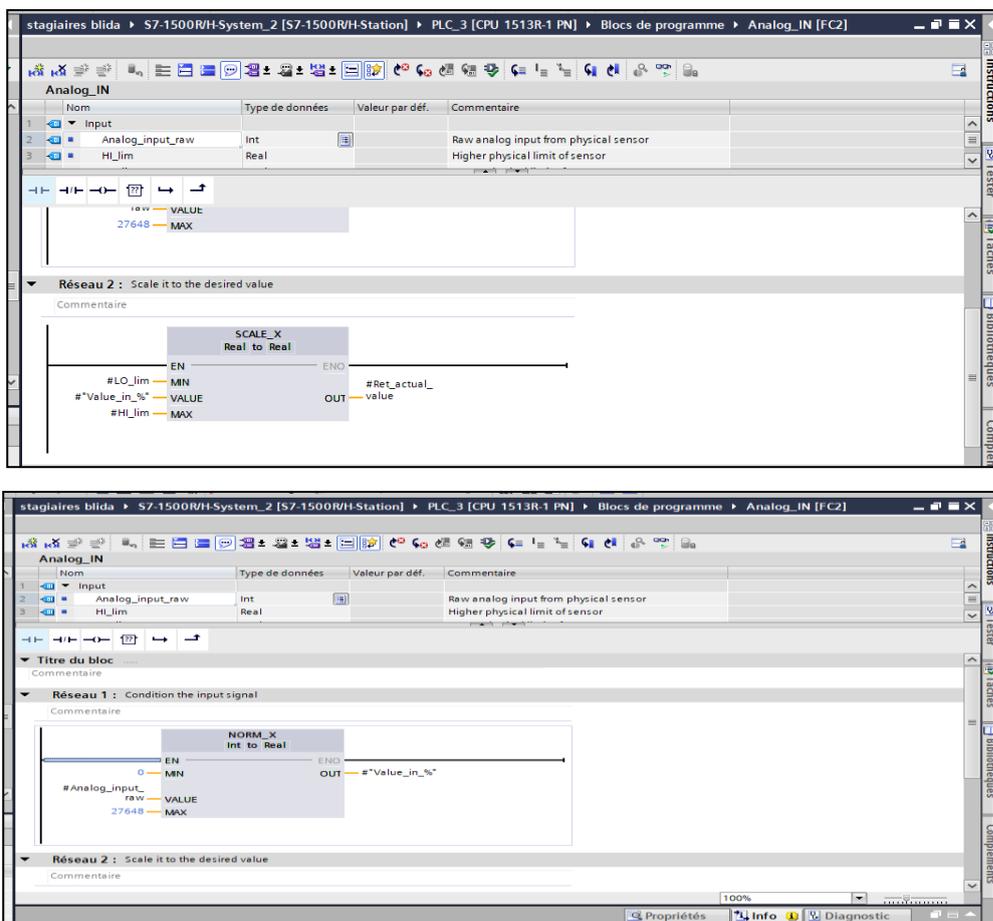


Figure III.12: Exemple de Ladder.

2-Texte Scl

Le texte SCL (Structured Control Language) dans TIA Portal V16 fait référence à un langage de programmation structuré utilisé pour la programmation d'automates programmables Siemens. SCL est basé sur le langage de programmation standard Structured Text (ST), conformément à la norme CEI 61131-3.

Avec SCL, les programmeurs peuvent écrire des programmes complexes en utilisant une syntaxe claire et structurée. Il permet d'implémenter des fonctions avancées, des algorithmes complexes et des opérations mathématiques dans les automates programmables.

```

IF... CASE... FOR... WHILE... (*...*) REGION
OF... TO DO... DO...

1 #R_Ordre_DB(CLK := #Ordre,
2 Q => #R_Ordre);
3 IF #R_Ordre THEN
4 IF #ModeautoM1 AND #ModeautoM2 AND #Default_M1 AND #Default_M2 THEN
5 IF #depass_1 AND #depass_2 OR (NOT (#depass_1) AND NOT (#depass_2)) THEN
6 IF (#T_M1 <= #T_M2) THEN
7 #M1 := TRUE;
8 #M2 := FALSE;
9 ELSE
10 #M2 := TRUE;
11 #M1 := FALSE;
12 END_IF;
13 ELSIF NOT (#depass_1) AND #depass_2 THEN
14 #M1 := TRUE;
15 #M2 := FALSE;
16 ELSE
17 #M2 := TRUE;
18 #M1 := FALSE;
19 END_IF;
20 ELSIF (NOT #ModeautoM2) OR (NOT #Default_M2) THEN
    
```

Figure III.13: Exemple de texte SCL.

III.9 SIMATIC WinCC Comfort

WinCC (Windows Control Center) est un logiciel permettant la création d'une interface homme-machine (IHM) graphique. Il offre des fonctionnalités de visualisation et de diagnostic du processus. Il permet la saisie, l'affichage et l'archivage des données, facilitant ainsi les tâches de conduite et de surveillance pour les opérateurs.

WinCC constitue une solution de supervision efficace car il met à la disposition de l'opérateur des fonctionnalités spécifiquement adaptées aux exigences d'une installation industrielle [14].

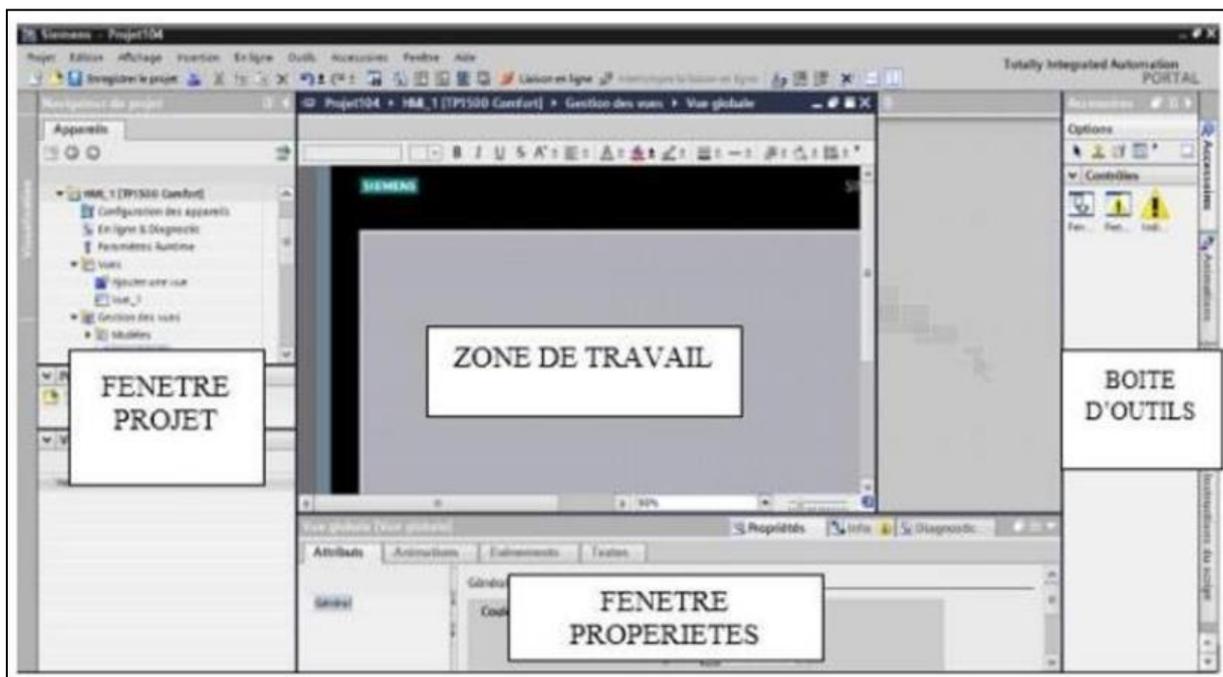


Figure III.14: L'interface principale de SIMATIC WinCC Comfort.

Nous distinguons sur cette figure :

- La zone de travail
- La boîte d'outils
- La fenêtre de projet
- La fenêtre des propriétés

1- La zone de travail :

C'est dans cette zone que la construction des différentes perspectives du projet est réalisée.

2- La boîte d'outils :

Cette zone nous permet d'importer les éléments essentiels nécessaires à la création des vues, tels que les boutons, les graphiques, les champs de texte, et bien d'autres encore.

3- La fenêtre de projet :

Cette zone présente la structure du projet, permettant ainsi de créer des vues, des variables configurées et des alarmes.

4- La fenêtre des propriétés :

Elle permet de charger ou de modifier les propriétés d'un objet sélectionné dans la zone de travail.

III.9.1 Configurer une vue IHM

Les étapes suivantes décrivent comment configurer une vue IHM :

À partir de la page d'accueil de TIA Portal, sélectionnez le bouton de « ajouter un appareil » en cliquant sur " Pc générale " et après "Station pc".

On choisit le module de communication " IE Général ".

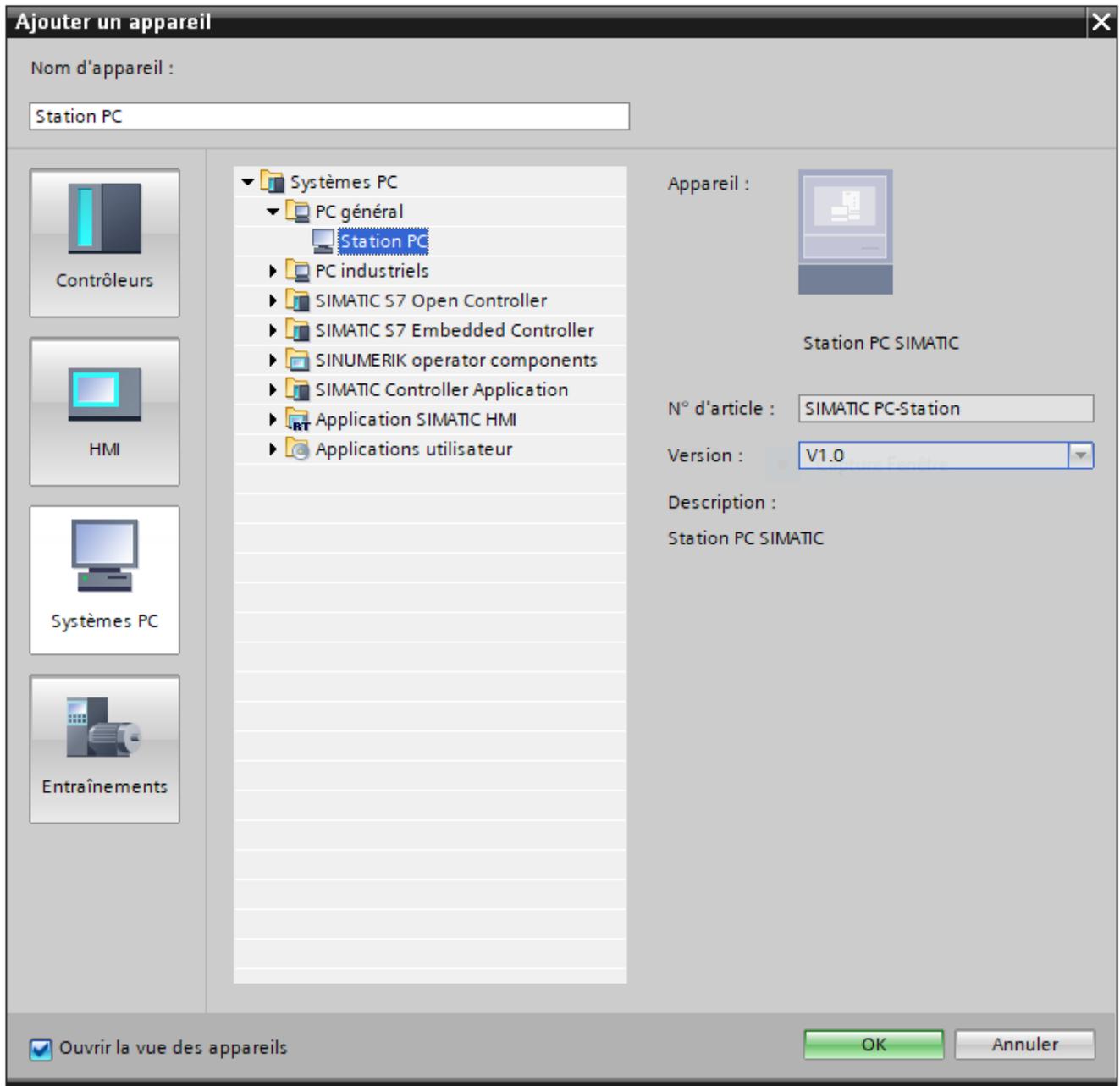


Figure III.15: La vue des ajoutes des appareils.

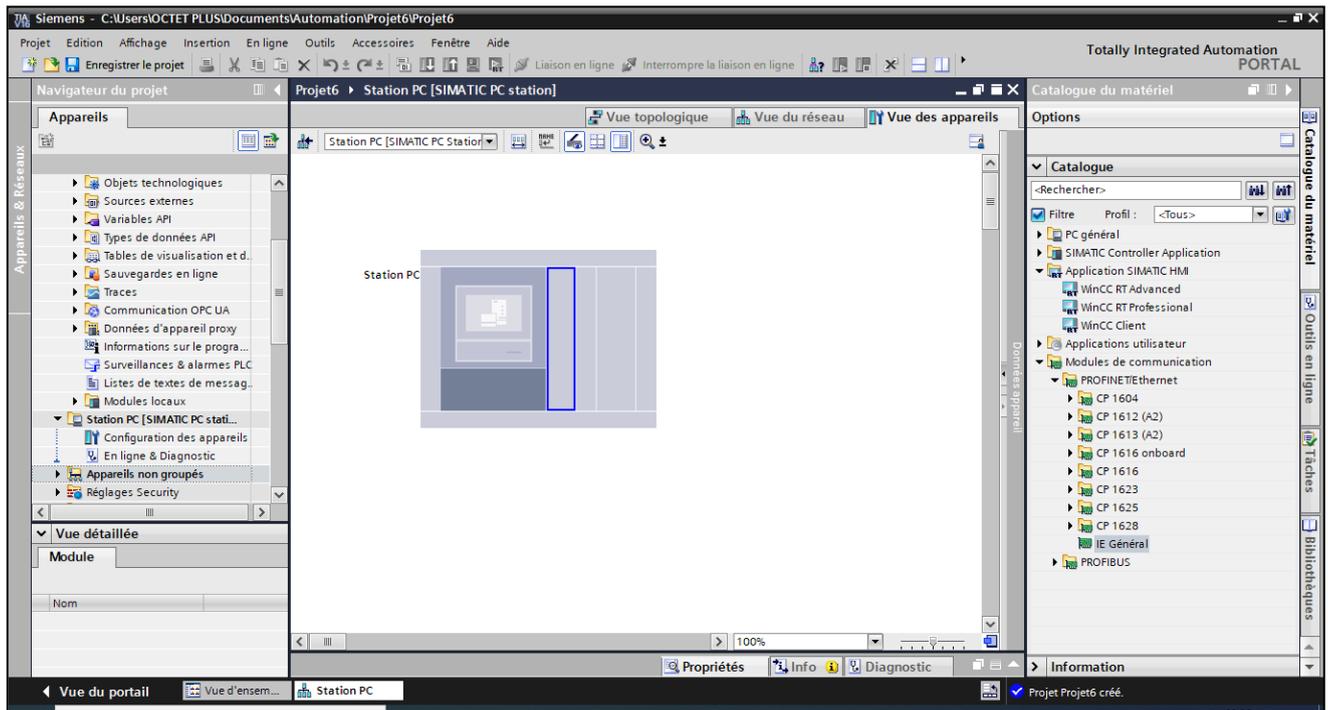


Figure III.16: Le module de communication.

- On choisit " WinCC RT Professional "

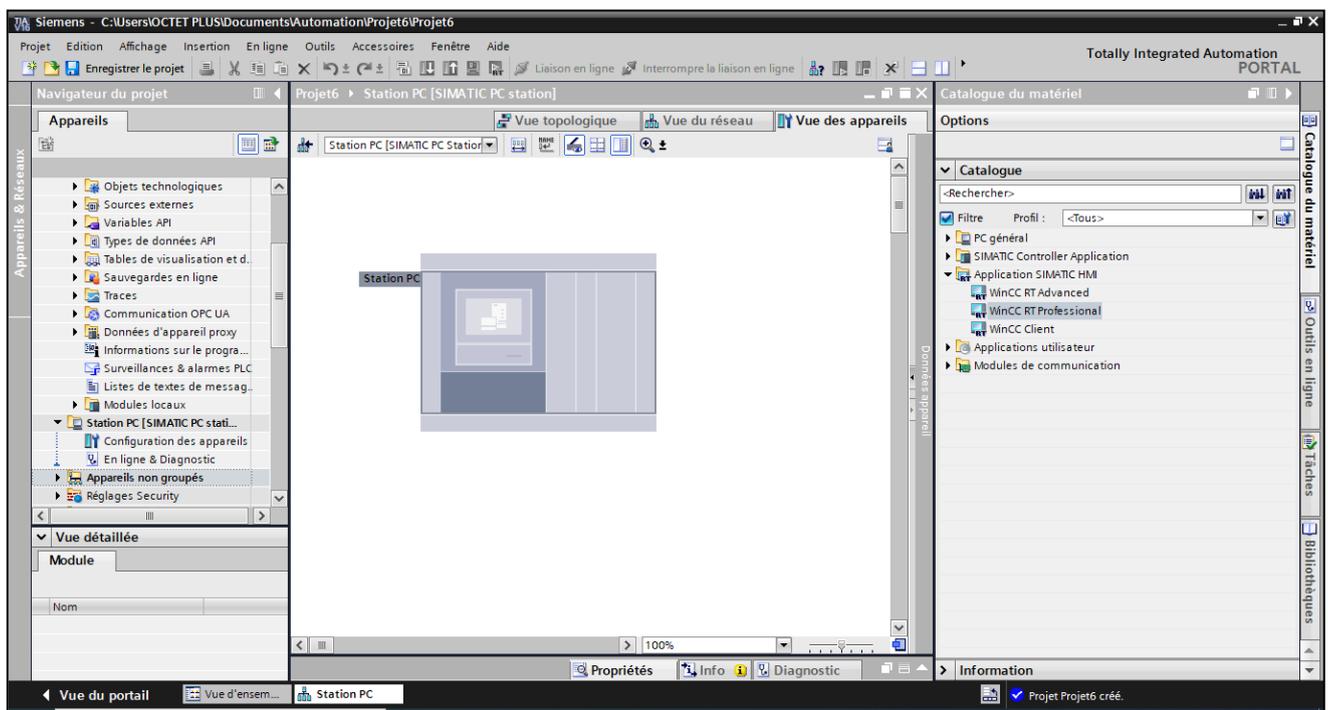


Figure III.17: L'interface de Wincc Professionnel.

Conclusion

La programmation du système S7-1500 est également conviviale grâce à l'environnement de développement TIA Portal. Qui est aider les ingénieurs de créer et effectuer des tests virtuels et de diagnostiquer les erreurs.

*Chapitre IV : Programmation et
Supervision*

Introduction :

Ce chapitre concerne la réalisation de la partie programmation et supervision de projet selon le cahier de charge exigé par l'entreprise propriétaire de l'installation. La programmation était faite avec le logiciel Tia Portal version 16. Le programme de cette partie de l'installation réalisé sera rajouter au programme principal d'origine fournisseur venu avec l'installation cependant le bon fonctionnement de cette modification va permettre une nette amélioration des performances de la station d'épuration des eaux usées objet de notre étude.

IV.1 Définition De Supervision

La supervision est une méthode industrielle qui consiste à suivre et à piloter en temps réel, par le biais de l'informatique, un processus de fabrication, une station ou une machine automatisée. Ce processus est représenté par une synoptique comprenant des images et des objets animés. Il implique l'acquisition de données (mesures, alarmes, état de fonctionnement) ainsi que la gestion des paramètres de commande des processus, généralement confiés à des automates programmables. La supervision permet d'afficher dynamiquement et de surveiller le bon fonctionnement d'un système ou d'une activité. De nos jours, de nouvelles méthodes de supervision émergent, basées sur des architectures de systèmes distribués qui permettent la surveillance ou le suivi à distance [11].

IV.2 Constitution d'un système de supervision

Un système de supervision industrielle est composé d'un moteur central, qui est le logiciel de supervision (par exemple, Wincc), auquel sont reliées toutes les données provenant des équipements de contrôle tels que les API. Ce moteur central est responsable de l'affichage dynamique, du traitement et de l'archivage des données, ainsi que de la communication avec d'autres périphériques.

IV.2.1 Module de visualisation (affichage)

L'écran de supervision (IHM) permet d'afficher instantanément les données et de mettre à la disposition de l'opérateur des éléments d'évaluation et de suivi du procédé.

IV.2.2 Module d'archivage

Ce module offre la capacité de stocker des données (alarmes et événements) sur une longue durée et permet d'exploiter ces données dans le but de réaliser des applications spécifiques pour la maintenance et la gestion de la production.

IV.2.3 Module de traitement

Il permet de formater les données de manière à les présenter aux opérateurs via le module de visualisation selon un format prédéfini.

IV.2.4 Module de communication

Ce module se charge de l'acquisition et du transfert des données, ainsi que de la gestion de la communication avec les automates programmables industriels et autres périphériques. Les

principales méthodes de communication utilisées sont les suivantes :

- Multi Point Interface (MPI)
- Profibus (DP)
- Ethernet Industriel (EI)

Grâce à la communication Ethernet, il est possible d'établir facilement une transmission sans fil en utilisant des technologies telles que le Wifi, le Wireless USB, ainsi que les réseaux cellulaires 3G ou 4G, en fonction des besoins spécifiques [12].

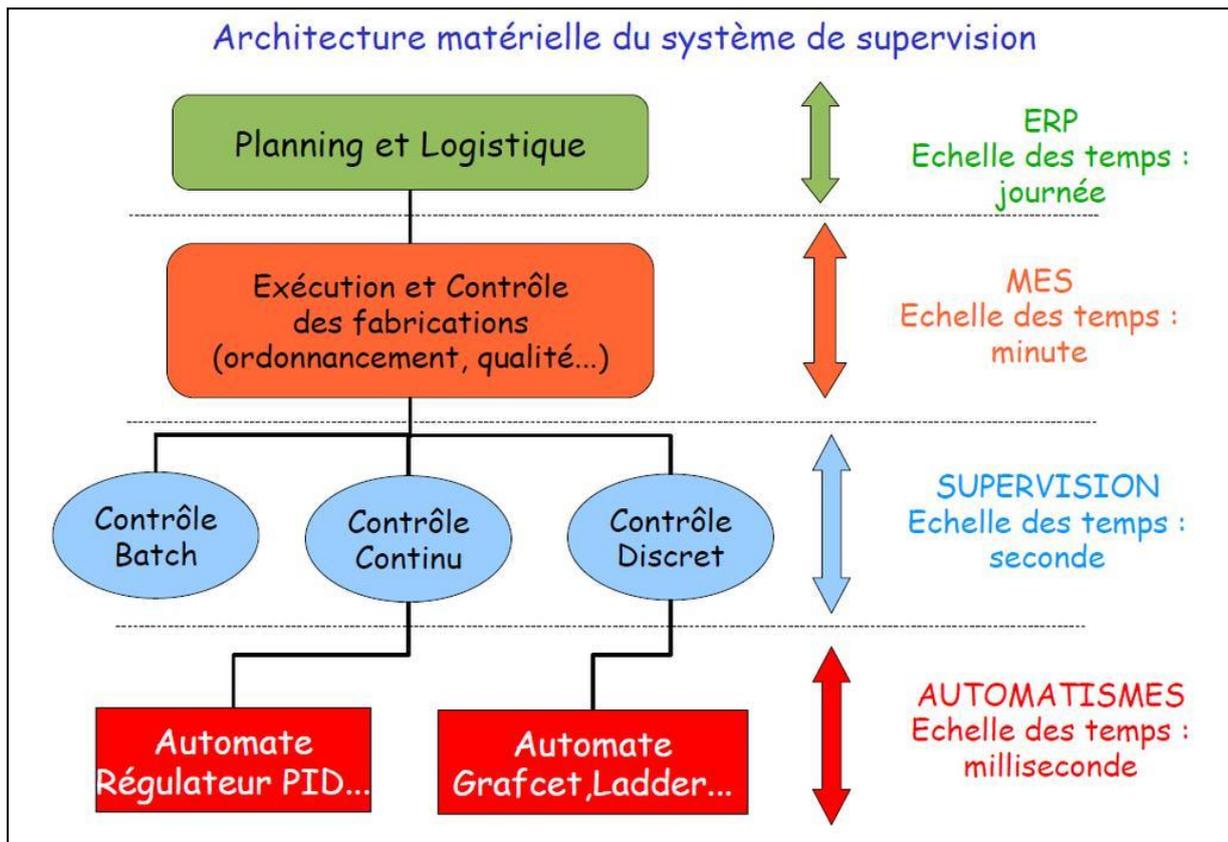


Figure IV.1: Architecture matérielle du système de supervision.

IV.3 Avantages de la supervision

-La mise en place d'un système de supervision a eu un impact significatif sur le domaine industriel.

-Il offre une vue d'ensemble en temps réel des équipements supervisés, permettant de visualiser l'état des différents équipements configurés à tout moment.

-Il réduit, voire élimine, les tâches répétitives d'inspection et de contrôle de routine, améliorant ainsi les conditions de travail.

-Il rend les tâches moins dangereuses en réduisant les interventions délicates dans des environnements hostiles.

- o La supervision facilite la maintenance des équipements en assurant leur bon

fonctionnement.

- Elle permet la détection précoce des pannes et une intervention rapide, réduisant ainsi les temps d'arrêt de production et les pertes financières.

IV.4 Cahier des charges

Il y a deux filières, et chacune dispose de 3 pompes qui assurent la recirculation des boues (au total il y a 6 pompes).

Chaque pompe possède un sélecteur à trois positions (local, 0, distance) installé au niveau du coffret de commande local CCL6 pour choisir le mode de fonctionnement :

1/ Position 0 : Etat arrêt de l'équipement.

2/ Position Local : commande manuelle à partir les boutons Marche/Arrêt installés sur la façade du CCL6.

3/ Position Distance : commande automatique à partir le poste de supervision, il faut prévoir une alternance dans les fonctions des pompes (deux en service et une en secours).

IV.5 Mode de fonctionnement par les signaux des débitmètres FIT-03-002 et FIT-03-003 :

Le taux de recirculation de boues sera défini par le personnel exploitant, à partir des contrôles analytiques du réacteur et des boues recerclées.

Le taux de recirculation (%REC-03-002) sera défini et modifié au niveau du poste de supervision.

Le système de contrôle totalisera le nombre des impulsions d'entrée (IMP-01- 001) du transmetteur d'entrée LIT-01-001 pendant une (01) heure. Le nombre des impulsions de recirculation (IMP-REC-03-002) pour l'heure suivante est le résultat de multiplication du nombre des impulsions du débit d'entré par le taux de recirculation. La valeur des impulsions de recirculation devient la valeur de consigne pour la régulation PID des pompes des recirculations. Les paramètres d'ajustement du PID sont modifiables sur le poste de supervision : la constante proportionnelle KP, le temps dérivative TD et le temps intégrale TI.

Pendant la mise en service, les valeurs de débit minimal et débit maximal des pompes de recirculation de boues seront introduits au système de contrôle à partir le poste de supervision. Le système de contrôle les comparera avec la valeur des impulsions de recirculation afin de déterminer le nombre de pompe à mettre en service :

❖ Impulsions de recirculation = 0

Si la valeur des impulsions de recirculations est égale à zéro, aucune pompe de recirculation ne démarrera.

❖ Impulsion de recirculation < Débit minimal

Dans ce cas, la valeur de consigne pour le PID serait le débit minimal d'une pompe et la pompe s'arrêterait lorsque le nombre des impulsions serait complété (le nombre des impulsions cumulées envoyés par FIT -03-002+FIT -03-003 est égal aux nombres des impulsions calculées à partir du taux de recirculation par les nombres des impulsions d'entrée) jusqu'à l'heure suivant.

❖ Débit maximal > Impulsion de recirculation > Débit minimal

Dans ce cas, la valeur de consigne pour le PID serait la valeur des impulsions de recirculation et la pompe ne s'arrêterait pas quand l'heure écoulée, elle attendrait la nouvelle valeur de consigne (sauf si la nouvelle valeur d'impulsion est zéro).

❖ Débit maximal < Impulsion de recirculation

Pour vérifier s'il faut démarrer une deuxième (et une troisième) pompe de recirculation, le système de contrôle comparera les impulsions de recirculation avec la valeur introduit le débit maximale d'un pompes de recirculation. Si la valeur de débit maximale et inferieur a la valeur des impulsions de recirculation la deuxième (et si nécessaire la troisième) pompe démarrera et la régulation de la fréquence sera réalisée sur les pompes qui ont démarré .une fois l'heure complété la deuxième pompe s'arrêtera sauf si la nouvelle valeur de consigne est supérieur une autre fois à la valeur de débit maximale.

❖ Totalisateurs de débit de recirculation de boues

Le débit de recirculation de boues est enregistré dans les totalisateurs de débit grâce au signal des impulsions IMP-03-002 et IMP-03-003 générées par les débitmètres FIT-03-002 et FIT-03-003, chaque 24 heures, cette valeur enregistrée dans une base de données, et puis remise à zéro, en créant ainsi une base de données quotidienne des débits de recirculation.

❖ Niveau bas dans le puits LSL-03-002 et LSL-03-004

Dès que le niveau dans les puits atteint le niveau bas LSL-03-002 et LSL-03-004, les pompes actives seront arrêtées immédiatement.

Dans ce cas le système de contrôle génère aussi une alarme.

Organigramme :

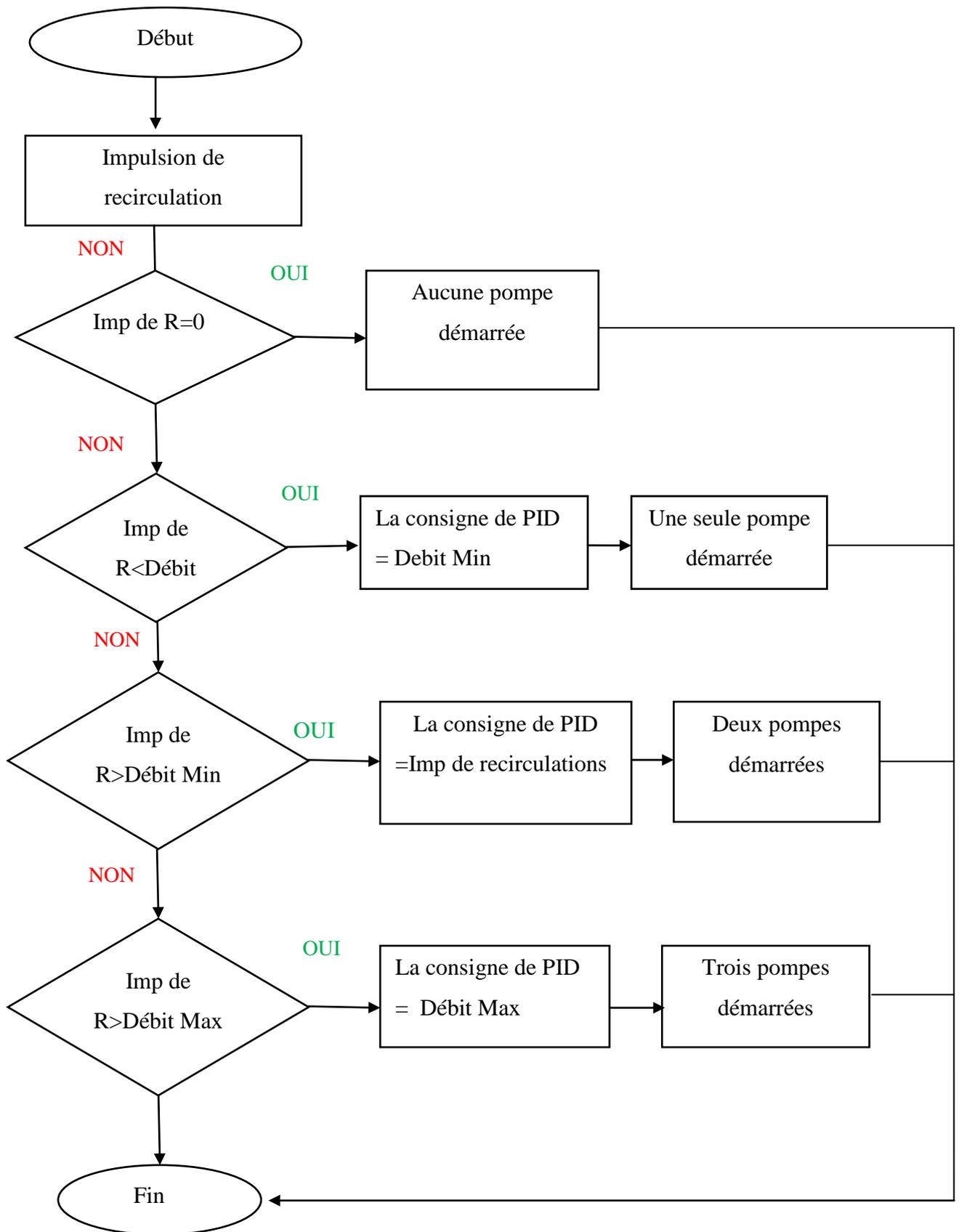


Figure IV.2 : Organigramme

IV.6 La table des variables

La table des variables ou bien la tables mnémorique c’est un répertoire de toute les variables du programme (entrées, sorties, variables mémoires) et chaque variable on le mais un nom pour être facile de le trouvé, on peut appeler ces variables dans tout le programme (une affectation).

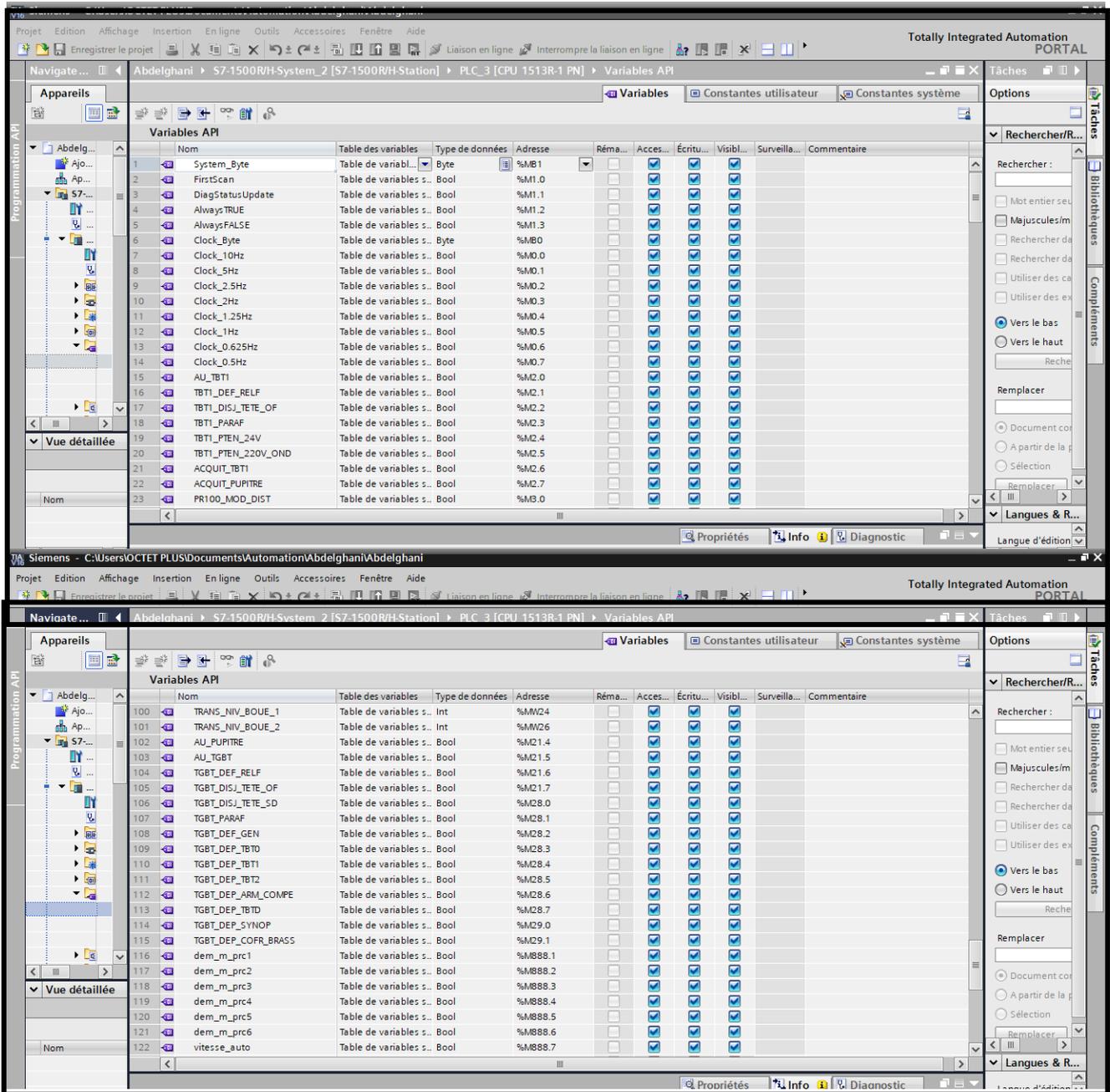


Figure IV.3: La table des variables de modules API.

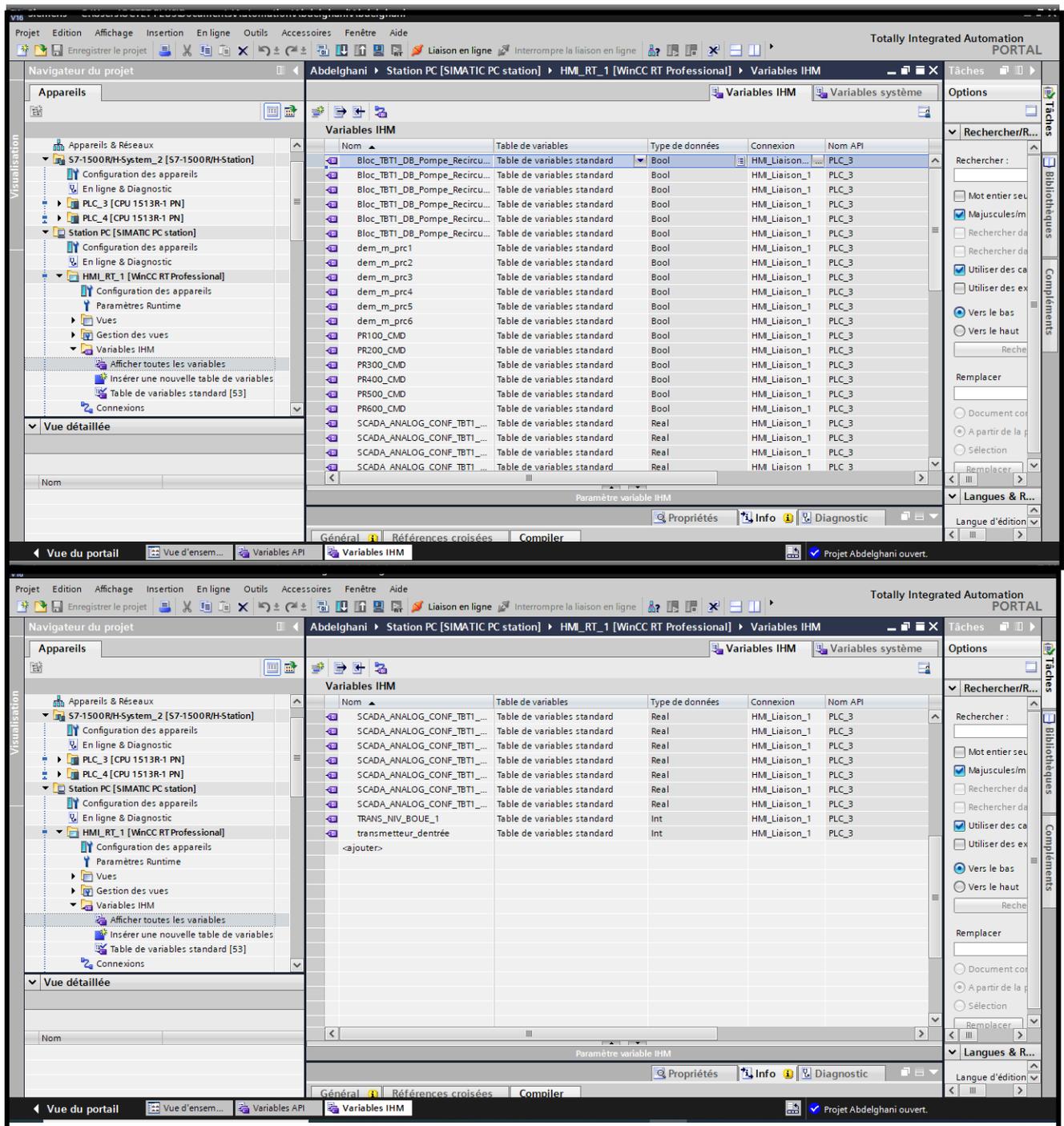


Figure IV.4: La table des variables de modules IHM.

IV.6.1 Les blocs de programmes

➤ Bloc d'Organisation OB1

Ce bloc c'est le bloc principal ou il a deux réseaux TGBT et TBT.

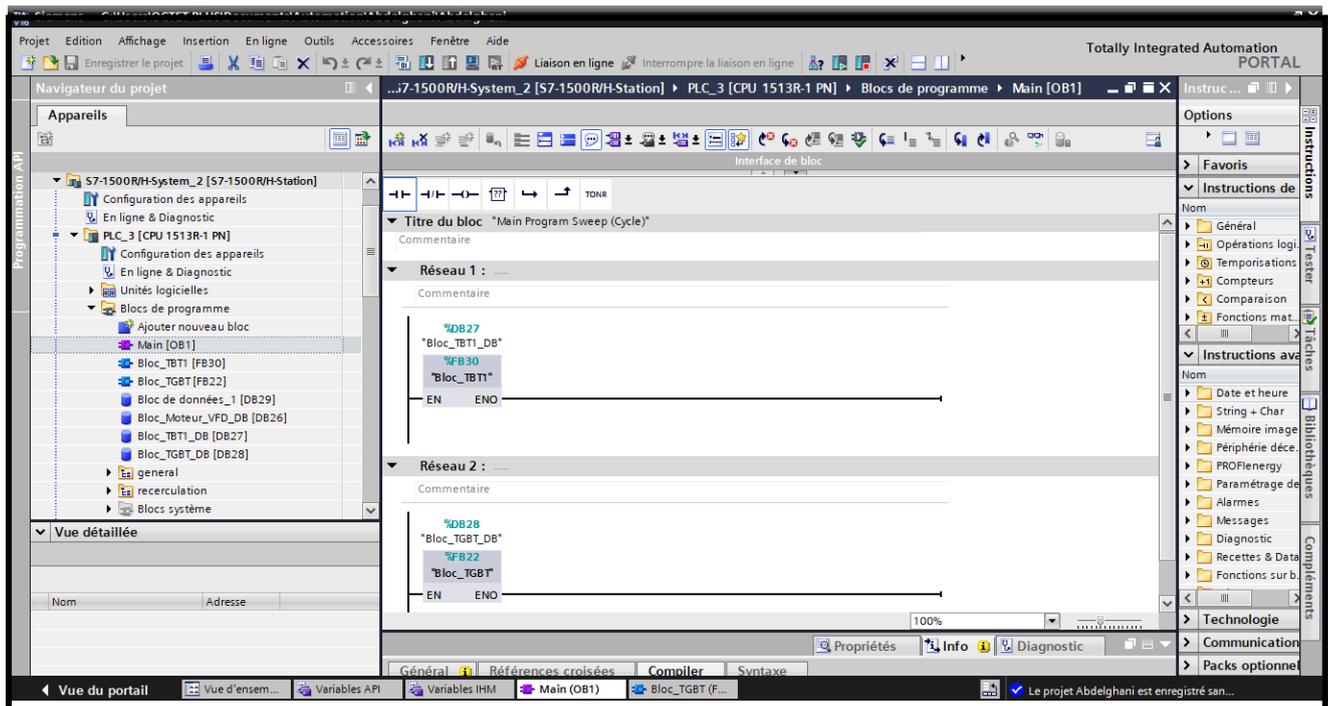


Figure IV.5: Le bloc d'organisation.

- Le réseau 1 : TGBT1

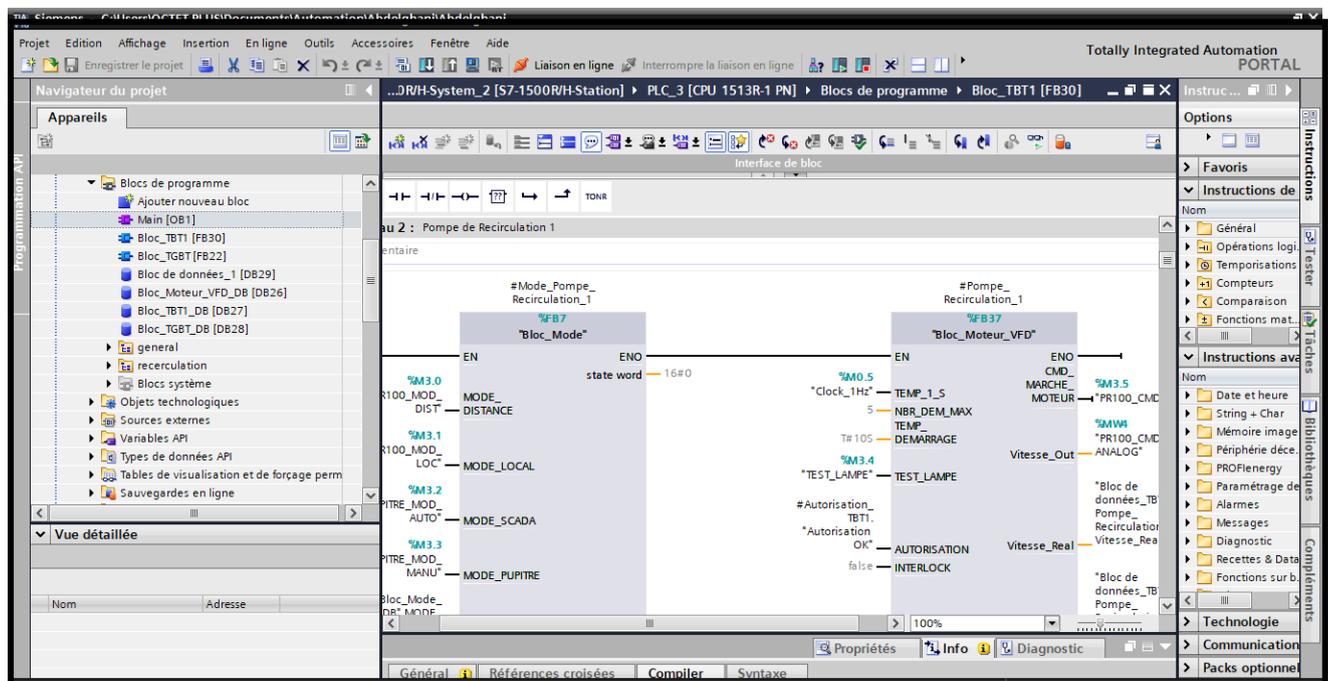


Figure IV.6: Le bloc TGBT1.

- Le réseau 2 : TGBT C'est le bloc de l'autorisation des pompes.

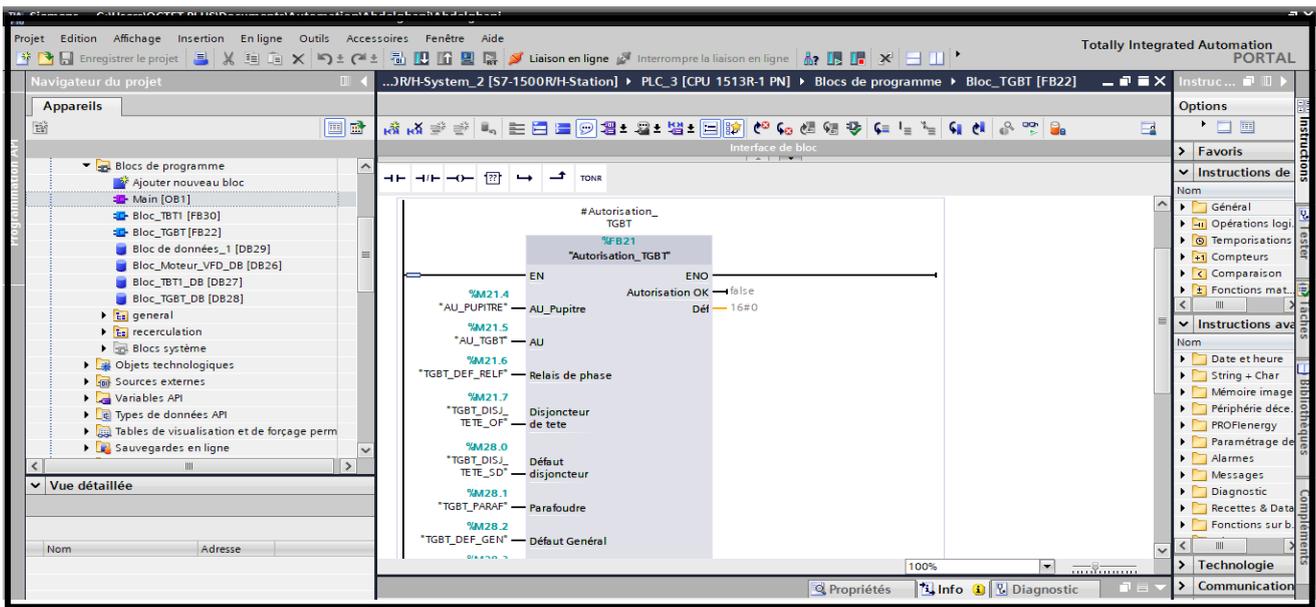


Figure IV.7: Le bloc d'autorisation TGBT.

➤ Blocs Fonctionnels FB

Le fonctionnement des pompes de 1^{er} ligne (pompe 1, pompe 2, pompe 3) et la même pour la 2eme ligne (pompe 3, pompe 4, pompe 5) :

- Réseau 1 :

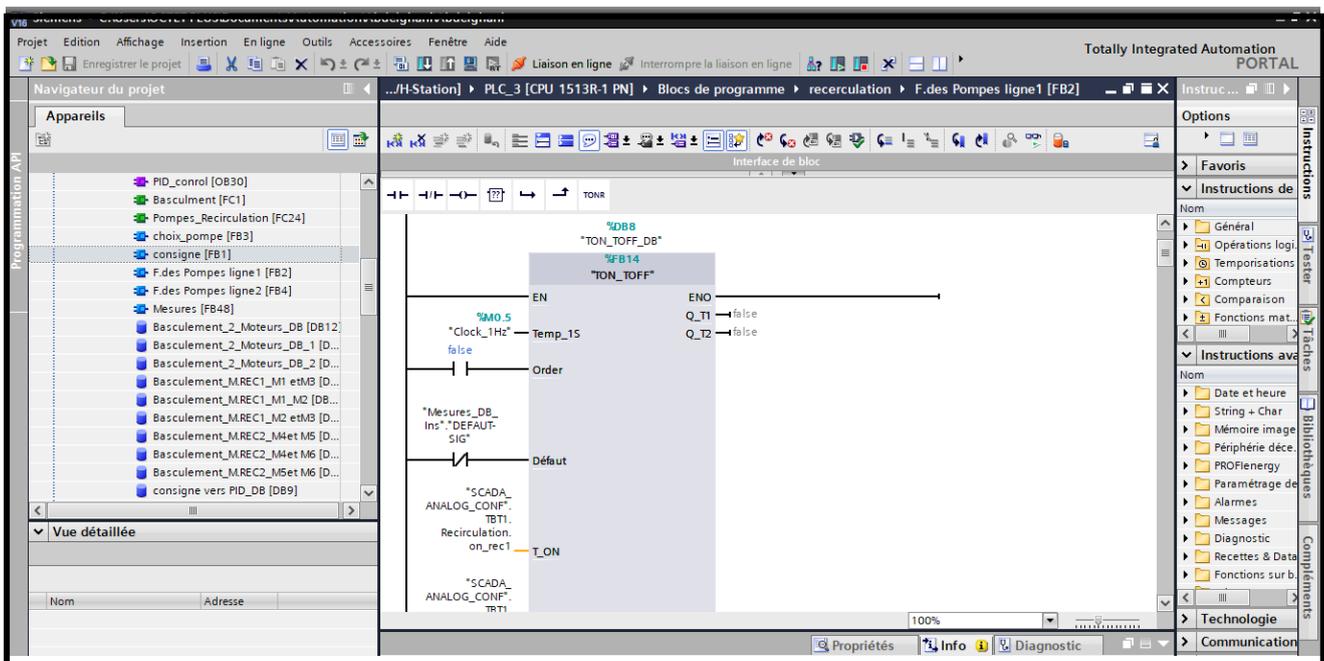


Figure IV.8: Le bloc d'activation T_ON/T_OFF de pompe.

• Réseau 2 :

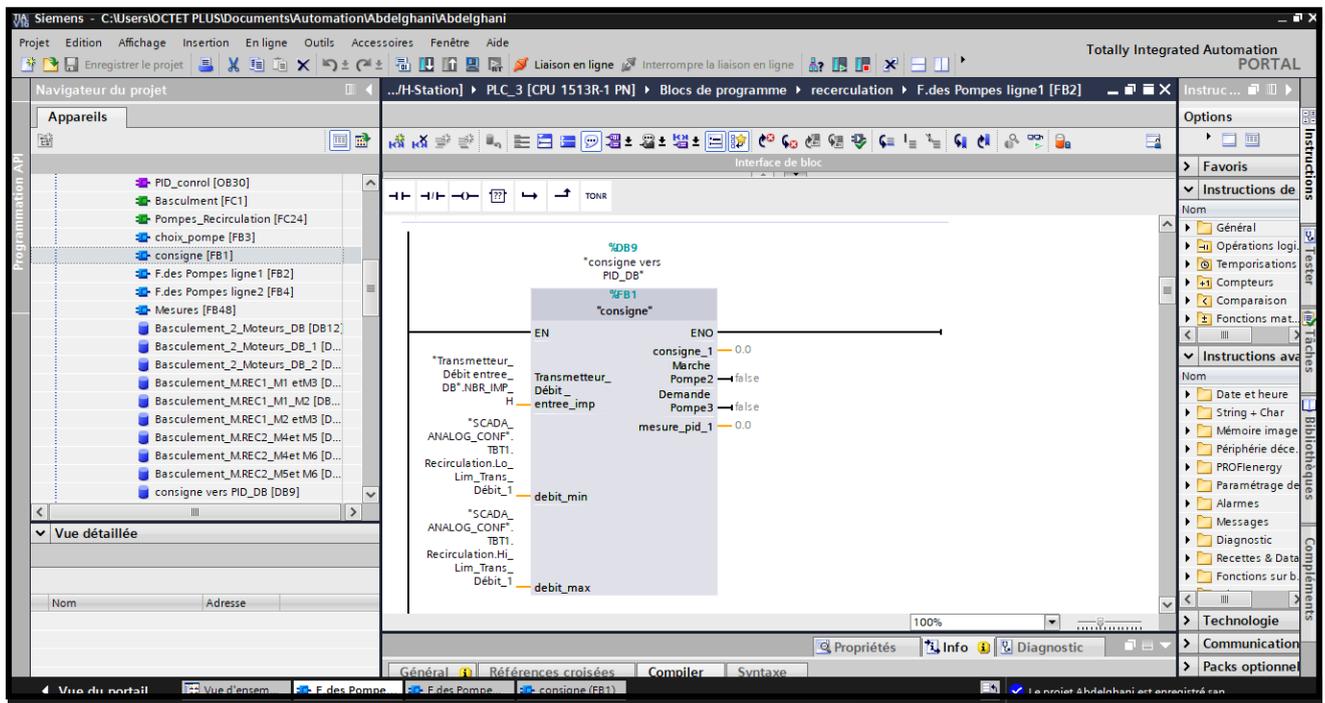


Figure IV.9: Le bloc de consigne.

• Réseau 3 :

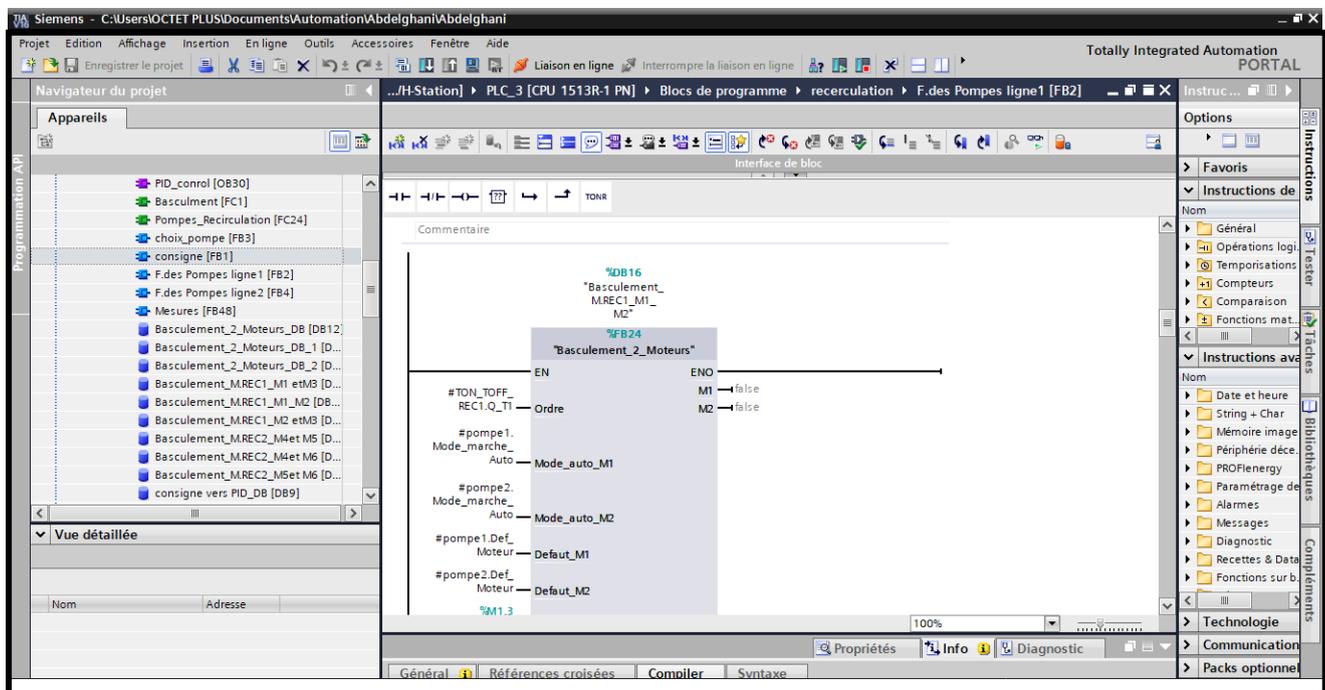


Figure IV.10: Le bloc de basculement entre les pompes.

- Réseau 4 :

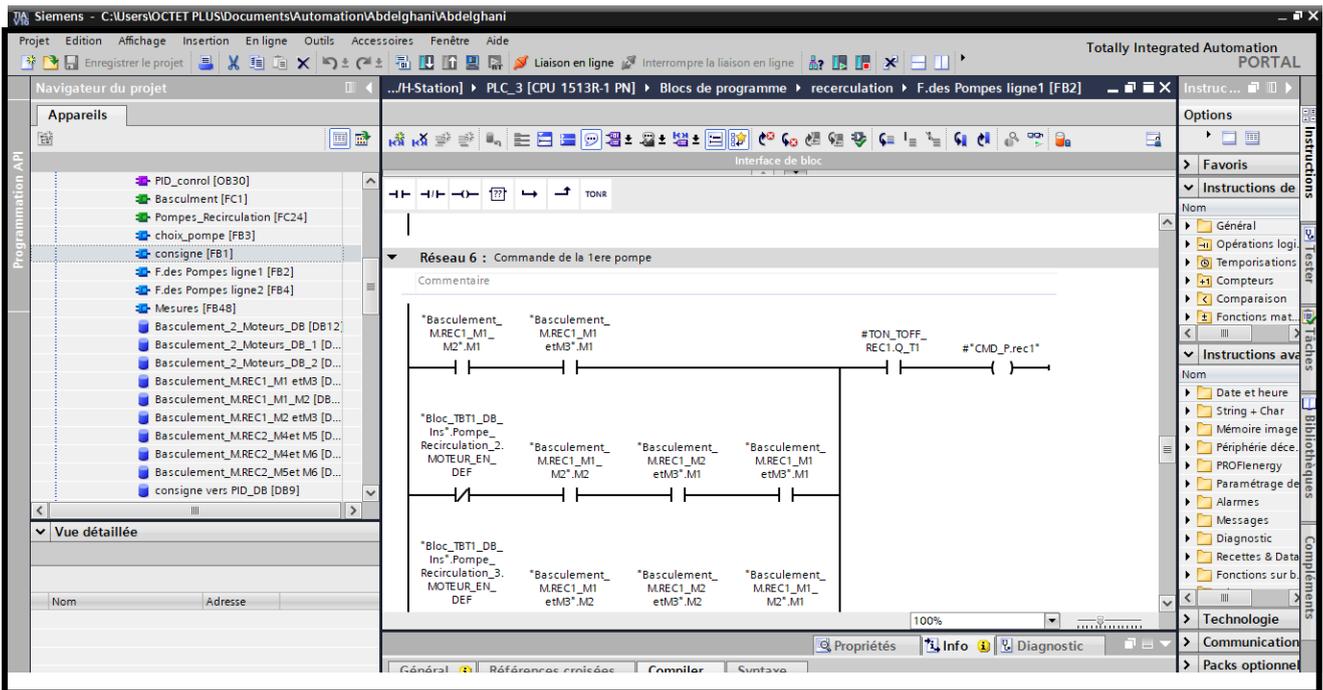


Figure IV.11: Le bloc de commande de pompe.

- Bloc OB30

On a deux réseaux dans ce bloc, le réseau 1 contient le PID 3 de pour la file 1 et le réseau 2 contient le PID 4 pour la file 2.

- Réseau 1 :

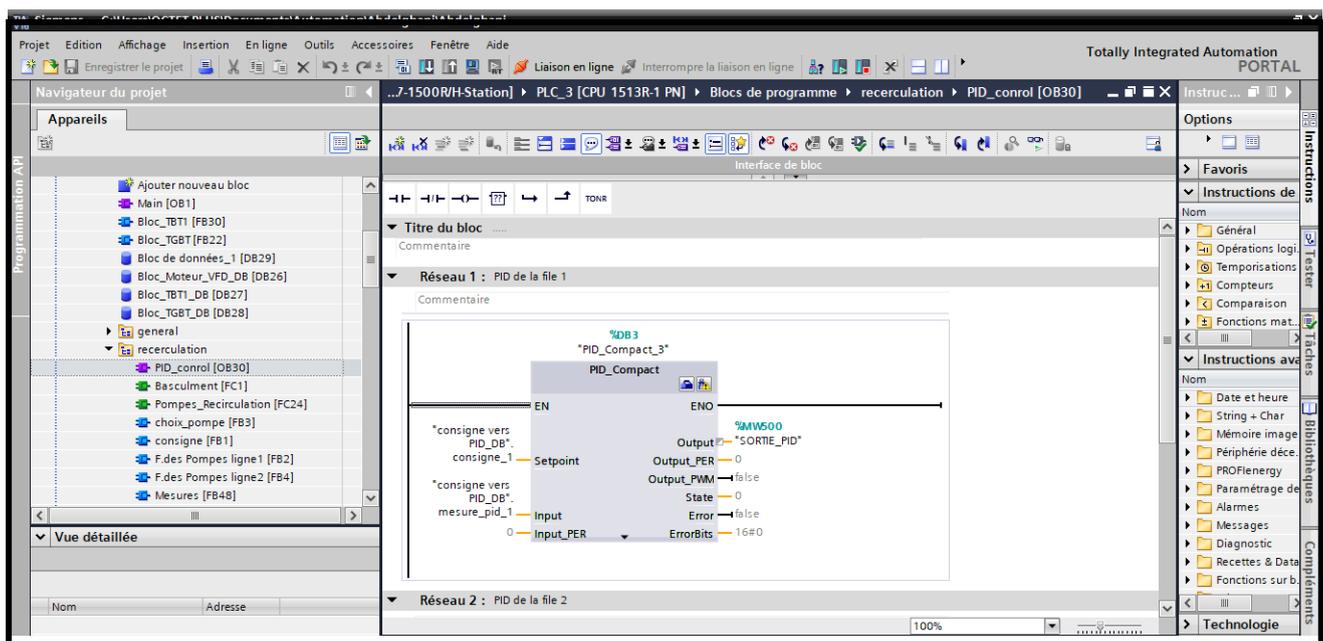


Figure IV.12: Le bloc OB30 de PID 3.

- Réseau 2:

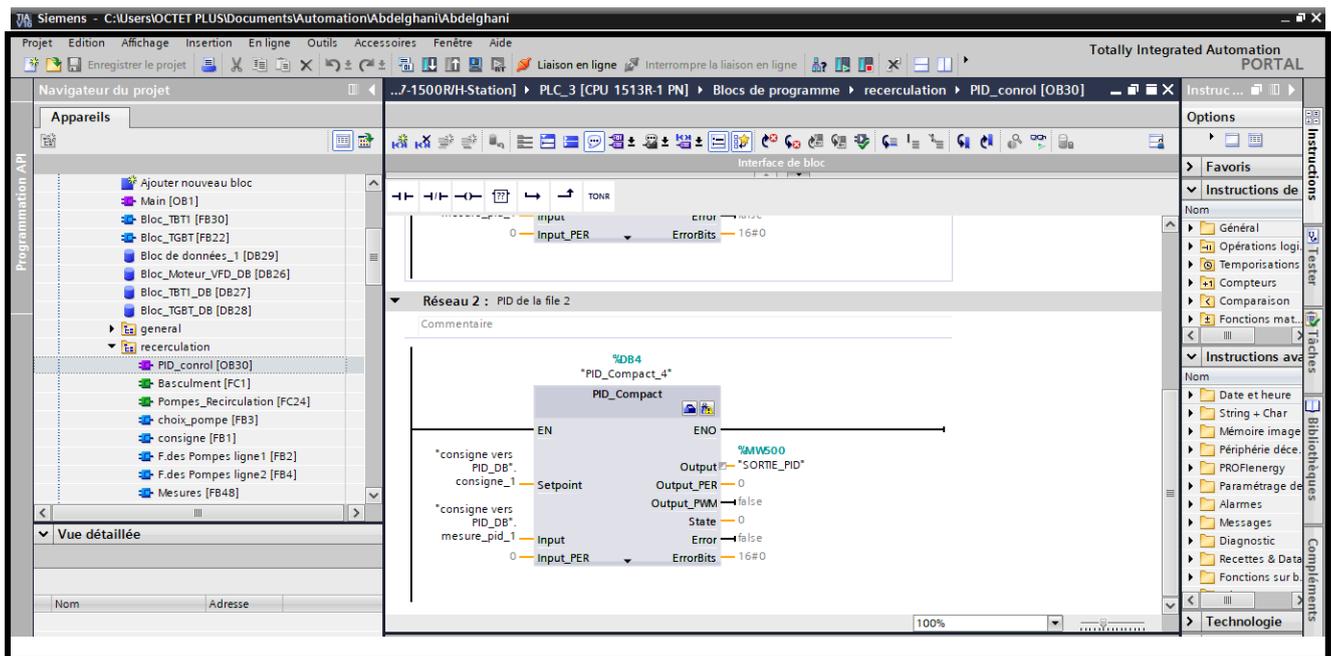


Figure IV.13: Le bloc OB30 de PID 3.

IV.7 Les vues de notre IHM :

La vue principale (page main)

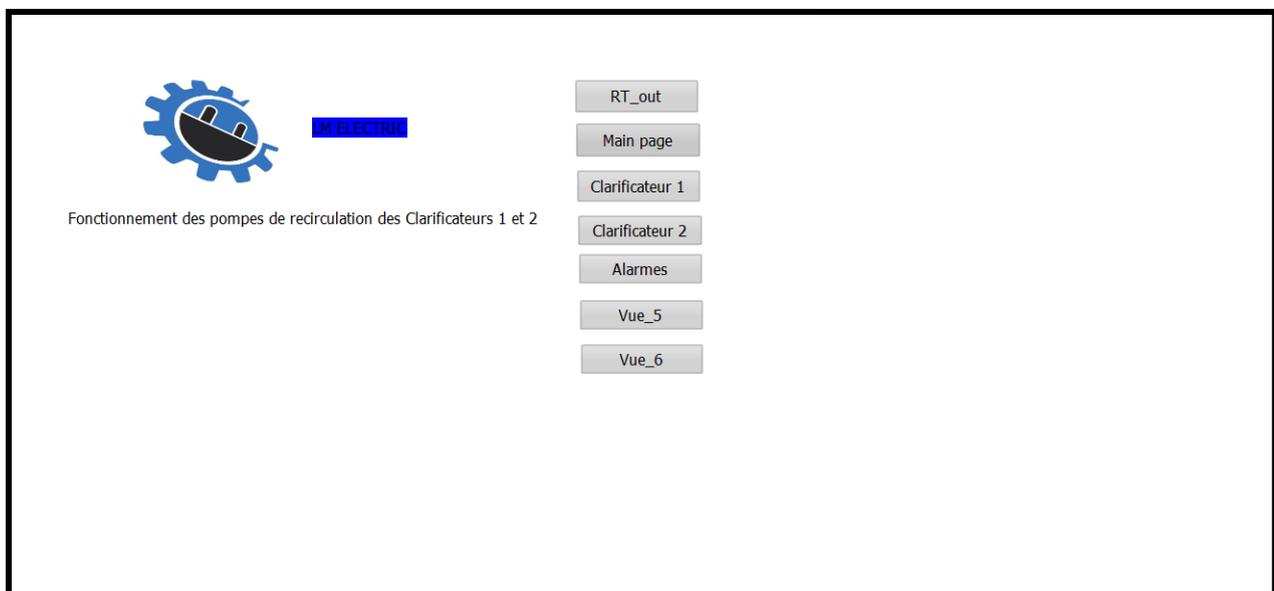


Figure IV.14: La vue principale de l'IHM.

➤ Le clarificateur 1 de la 1^{er} ligne

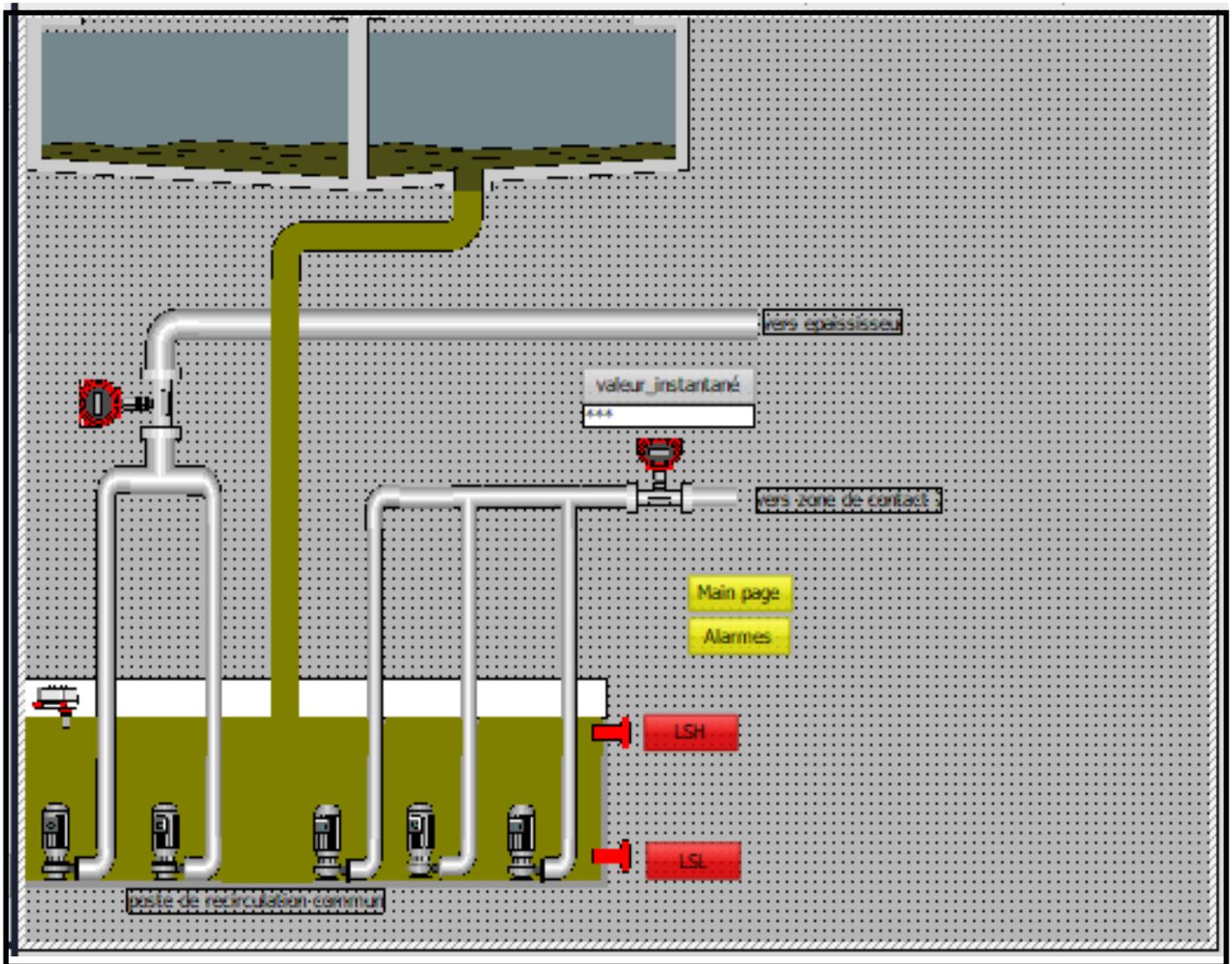


Figure IV.15: La vue de clarificateur 1 avec le poste de recirculation.

➤ Le clarificateur 2 de la 2eme ligne

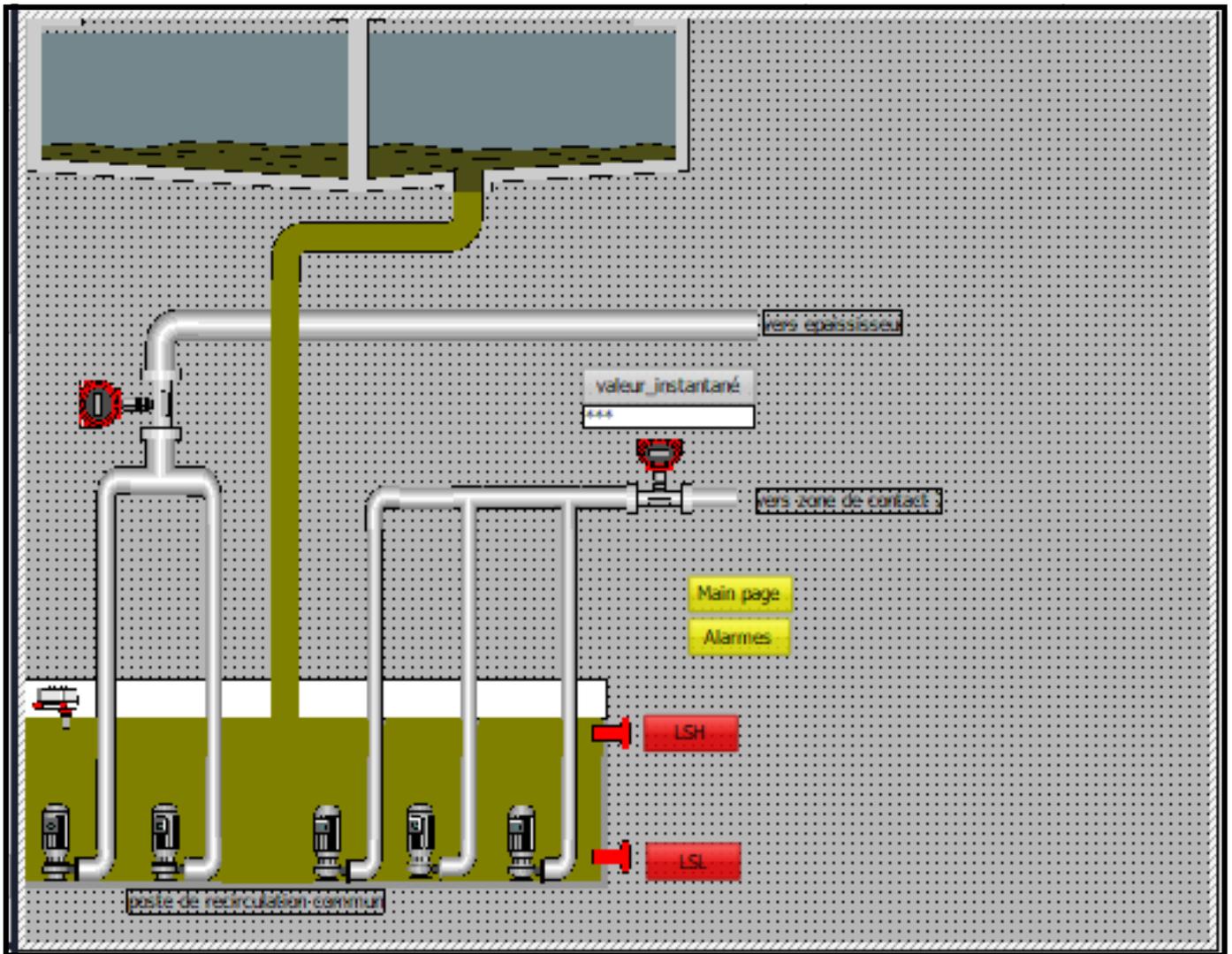


Figure IV.16: La vue de clarificateur 1 avec le poste de recirculation.

➤ Les alarmes

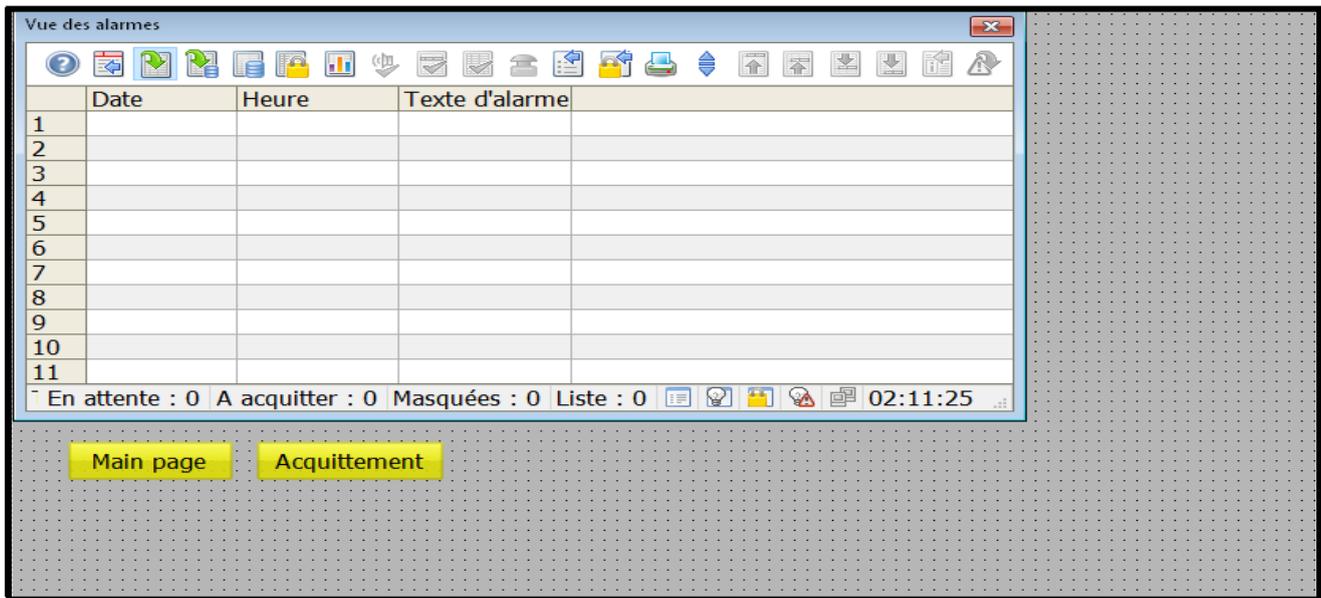


Figure IV.17: La table des alarmes.

Conclusion :

A la fin, la supervision IHM (Interface Humain-Machine) est un élément essentiel de l'automatisation industrielle moderne, car il permettant de surveiller et de contrôler efficacement les processus industriels.

D'autre part la simulation faite a permis de tester le programme avec la supervision elle était concluante et elle a permis de valider les étapes et les conditions de cahier de charge exigé par le fournisseur de l'installation.

Conclusion Générale

En conclusion, l'automatisation et la supervision de la partie de recirculation des boues dans une station d'épuration des eaux usées offrent de nombreux avantages en termes d'efficacité opérationnelle, de contrôle précis du processus et de réduction des coûts.

Grâce à l'automatisation, les tâches manuelles fastidieuses et répétitives sont remplacées par des systèmes informatisés qui peuvent surveiller et contrôler en temps réel les opérations de recirculation des boues. Cela permet d'optimiser les performances du système en ajustant automatiquement les paramètres en fonction des besoins, ce qui conduit à une utilisation plus efficace des ressources et à une réduction des erreurs humaines.

La supervision de la recirculation des boues permet également une meilleure surveillance du processus dans son ensemble. Les opérateurs peuvent suivre et analyser les données en temps réel, détecter rapidement les anomalies ou les problèmes potentiels, et prendre des mesures correctives de manière proactive. Cela contribue à améliorer la fiabilité du système, à réduire les temps d'arrêt et à optimiser les performances de la station d'épuration.

Par ailleurs, l'automatisation et la supervision offrent une traçabilité accrue des opérations de recirculation des boues. Les données collectées peuvent être enregistrées et archivées, ce qui facilite la génération de rapports, l'analyse des performances à long terme et la conformité aux réglementations environnementales. De plus, ces systèmes permettent souvent une intégration avec d'autres composants de la station d'épuration, améliorant ainsi la coordination globale du processus et la synchronisation des opérations.

En somme, l'automatisation et la supervision de la partie de recirculation des boues dans une station d'épuration des eaux usées offrent une approche moderne et avancée pour améliorer l'efficacité, la fiabilité et la durabilité des opérations. Ces technologies contribuent à optimiser les ressources, à réduire les coûts d'exploitation et à préserver l'environnement, tout en permettant aux opérateurs de prendre des décisions éclairées et de mieux répondre aux exigences réglementaires.

Comme perspective et amélioration de projet on met des débitmètres massiques.

Bibliographie

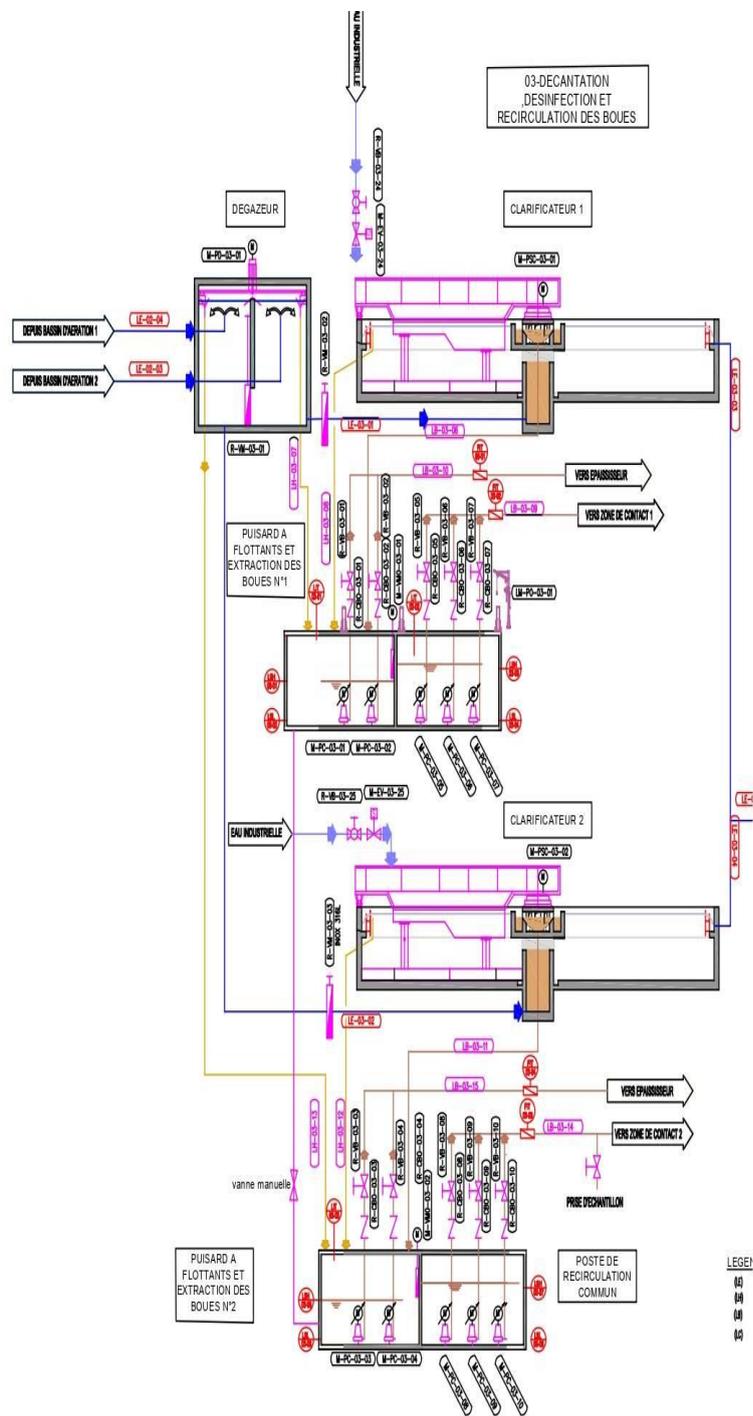
- [1] : S. Karef, M. Boughalem et al, "Évaluation de la qualité des sous-produits de l'épuration pour usage en agriculture dans une région semi aride en Algérie" Journal de la Société Chimique de Mauritanie, V.01, 2018, 12-20.
- [2] : Document interne de l'entreprise LM ELECTRIC.
- [3] : Documentation interne de la station d'épuration de Sidi Aiche.
- [4] : H.Bennani, B. Bouarissa, " Epuration des eaux usées, analyse et synthèse des données scientifiques. Cas de la station d'épuration des eaux de la wilaya de Bordj Bou Arreridj : Prospection, évaluation du rendement épuratif " mémoire en vue de l'obtention du diplôme de MASTER, biologie appliquée, université Bordj Bou Ariridj, 2020.
- [5] : Le fonctionnement d'une station d'épuration des eaux usées, site internet <https://www.oryxeleven.com/assainissement/station-epuration>.
- [6] : R.Hadef, A.Hadef, " **Le déficit d'eau en Algérie: une situation alarmante**", science directe, V.137, 2001, 215-218.
- [7] : N.Altmeyer, G.Abadia, S.Schmitt, A.Leprince " **Risques microbiologiques dans les stations d'épuration des eaux usées**", Fiche medico-technique.
- [8] : M.Miloud "Conception et dimensionnement d'une station d'épuration des eaux usées du complexe Rhourde Nous", mémoire en vue de l'obtention du diplôme de MASTER, analyse spectrale en chimie, université de Mostaganem, 2015.
- [9] : Dégraissage et dessablage des eaux usées, site internet <https://www.emo-france.com/produits/dessablage-degraissage/>
- [10] : Notice d'exploitation de l'entreprise OTV de la station d'épuration des eaux usées de Beni Mered.
- [11] : M .Roche, R. Bendounan,. & C. Prost, " Modélisation de l'hydrodynamique d'un décanteur primaire de station d'épuration". Revue des sciences de l'eau , Journal of Water Science, 1994, 7(2), 153–167.
- [12] : P. Duchene. "Optimisation du traitement d'eaux usées par temps de pluie", assainissement unitaire et boues activées nitrifiantes. Ingénieries eau-agriculture-territoires, 1997, 10, p. 35 - p. 42.
- [13] : E. Carre, " Qualité biologique des eaux usées traitées en vue de la réutilisation", Hal science, Thèse, Université de Lyon, 2018.
- [14] : <https://www.sulzer.com/fr-fr/france/shared/products/submersible-recirculation-pump-type-abs-Rcp>
- [15] : <https://www.motac.fr/blog/2020/02/05/tout-savoir-sur-le-disjoncteur-moteur>
<https://www.achat-electrique.com/fr/129-disjoncteur-moteur>
- [16] : https://sti2d.ecolelamache.org/le_relais_lectromcanique.html
- [17] : <https://www.abcclim.net/contacteur-puissance.html>

[18] : Document interne de l'entreprise LM ELECTRIC.

[19] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Poire_de_niveau

[20] : Document interne de l'entreprise LM ELECTRIC.

Annexes



Annexe: Diagramme des instruments de programme