

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DU GENIE ELECTRIQUE ET D' INFORMATIQUE  
DEPARTEMENT D'AUTOMATIQUE

## Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER PROFESSIONNEL

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Automatique

Spécialité : Automatique industrielle

*Présenté par*

**Aris MASDOUA**

**Ferroudja KHELFAOUI**

Thème

# Automatisation de l'installation de préparation et d'injection des réactifs (Sulfate d'alumine) de SEAAL (centre de traitement de Boudouaou)

*Mémoire soutenu publiquement le 26/09/2024 devant le jury composé de :*

**Mr HAMMOUCHE Sofiane**

MAA, président

**Mme TITOUCHE Kahina**

MCB, encadreur

**Mme LAZLI Nabila**

Co-encadreur

**Mme CHILALI Ouerdia**

MCB, examinatrice

**Mme BOUKENDOUR Ouiza**

MAA, examinatrice

# **REMERCIEMENTS**

*Nous remercions avant tout Dieu le tout puissant, de nous avoir guidées pendant toutes nos années d'étude et de nous avoir donné la volonté, la patience et le courage pour terminer notre travail.*

*Nous tenons à remercier en premier lieu nos parents pour leurs aides, encouragements et soutiens le long de nos études.*

*Nous tenons à remercier notre promotrice, Mme TITOUCHE KAHINA, pour sa disponibilité, son aide précieuse et son suivi constant tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Nous tenons à remercier notre encadrante en entreprise, Mme LAZLI NABILA, pour sa disponibilité, son aide précieuse et le soutien constant qu'elle nous a offerts tout au long de ce stage. Votre présence assidue et votre accompagnement ont été essentiels pour notre réussite. Nous vous sommes particulièrement reconnaissants pour le temps et la patience que vous nous avez accordés, ainsi que pour les explications claires qui ont grandement facilité notre compréhension. Vos conseils avisés ont joué un rôle crucial dans notre développement professionnel et ont grandement contribué à la réussite de cette expérience.*

*Nos vifs remerciements vont également à tous les personnels de la station de traitement de Boudouaou pour leurs entières disponibilités, leurs aides et les moyens qu'ils ont mis à notre disposition.*

*Nous souhaitons exprimer notre gratitude à Mme LOUADJ FATIHA pour sa proposition de stage et son soutien précieux, ainsi que pour la collaboration renforcée qu'elle nous a offerte.*

*Nous remercions chaleureusement les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'évaluer notre projet.*

*Nous exprimons notre pleine gratitude à toutes les personnes ayant fourni des efforts pour nous donner un enseignement de qualité durant notre cursus universitaire.*

*Enfin, nos remerciements les plus sincères à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce mémoire.*

# **DÉDICACE**

*Je dédie ce travail*

*À toute ma famille en particulier mes chers parents et ma belle-sœur AMEL qui m'ont soutenu durant mon cursus scolaire et universitaire.*

*À mes voisines ROSA et SYDIA qui m'ont aidé tout au long de mon cursus et qui m'ont convaincu à choisir cette filière.*

*À ma binôme FERROUDJA avec qui j'ai eu un immense plaisir de réaliser le mémoire.*

# **DÉDICACE**

*J'ai le grand honneur de dédier ce mémoire :*

*À ma mère, qui m'a donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir. Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte.*

*À mon père, l'épaule solide, l'œil attentif, compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect. Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, que dieu te préserve et te procure santé et longue vie.*

*À mon cher frère, et sa famille.*

*À mes deux chères sœurs.*

*À tous mes proches et ceux qui me sont cher.*

*À toutes les personnes que je porte dans mon cœur.*

*À mon binôme Aris et toute sa famille.*

*À tous mes amis(es) sans exception.*

*À mes enseignants durant mon cursus scolaire, du primaire à l'université.*

*À toute la promotion d'automatique 2023/2024.*

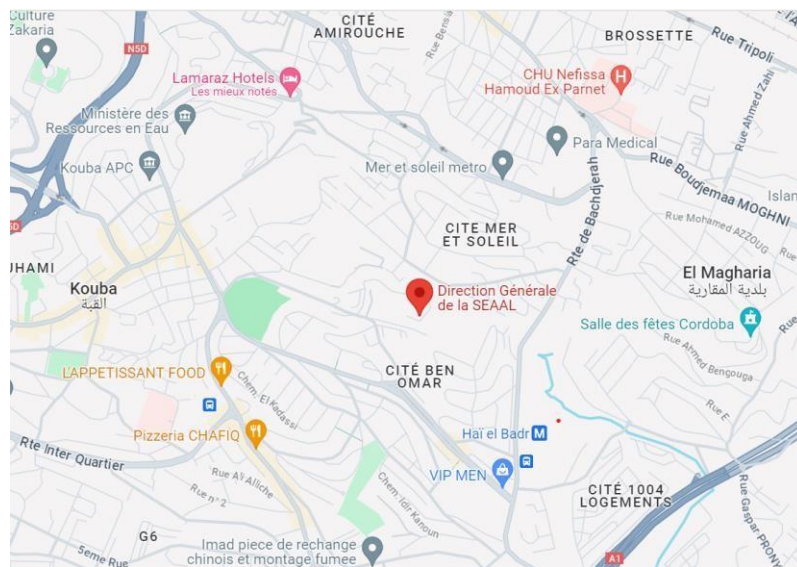
**AVANT-PROPOS :**  
**PRÉSENTATION DE**  
**L'ENTREPRISE**  
**SEAAL**

## 1. Introduction :

La population algérienne ne cesse de croître et la demande en eau potable augmente de plus en plus. L'optimisation de la production, du traitement et de la distribution des eaux devient indispensable et c'est à ce niveau qu'intervient la Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger qui occupe une place primordiale dans l'amélioration de ces processus essentiels

## 2. Présentation de la société SEAAL :

La Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger "SEAAL" est un opérateur public de droit algérien prend en charge la gestion des services de l'eau et l'assainissement sur l'ensemble des wilayas (ALGER, TIPAZA). Filiale de l'algériennes des eaux (ADE) et de l'office national d'assainissement (ONA). SEAAL a été créée en 2006. Le siège social de SEAAL se situe à Kouba Alger.



**Figure 1.1 :** Emplacement géographique.

Adresse : Parc Ben Omar, 97, Kouba 16050

Téléphone : 021986500

Site : <https://seal.dz/fr/>

## 3. L'organisation de SEAAL : [1]

SEAAL regroupe plus de 4000 employés au sein des principales directions suivantes :

- Direction générale est responsable de la politique, des orientations générales, et de la coordination de toutes les directions.
- Quatre direction opérationnelles responsables de la distribution de l'eau, ainsi que de la collecte, du transport, et du traitement des eaux usées, en plus de la gestion de la clientèle.
- Des directions de soutien fournissant une assistance pour améliorer l'efficacité de la gestion et harmonier la modernisation de l'entreprise.

#### **4. Mission de SEAAL : [1]**

SEAAL, en tant que gestionnaire du service public de l'eau et de l'assainissement dans les wilayas d'Alger et de Tipasa, s'engage à fournir des services de haute qualité, fiables et respectueux de l'environnement à ses clients. L'objectif est de répondre aux besoins et attentes des clients, tout en garantissant la préservation des ressources naturelles et la protection de l'environnement. Pour atteindre cet objectif, SEAAL s'engage à :

1. Sécuriser l'alimentation en eau potable des citoyens par le partage équitable de la ressource et la réduction des Eaux Non Facturées (ENF).
2. Améliorer la maintenance des infrastructures hydrauliques pour garantir la continuité du service public de l'eau et de l'assainissement.
3. Accroître la performance des services d'assainissement par la réhabilitation des ouvrages vétustes et le développement de techniques innovantes.
4. Améliorer l'encaissement des recettes et le recouvrement des impayés pour consolider l'équilibre financier de la SEAAL.
5. Développer le chiffre d'affaires des travaux et prestations pour diversifier les sources de revenus.
6. Renforcer l'efficacité opérationnelle, financière, technologique et humaine.
7. Investir dans le développement des compétences et cultiver un esprit novateur et engagé, pour une SEAAL tournée vers l'avenir.
8. Consolider la responsabilité sociétale en garantissant l'accès à l'eau pour tous et en préservant la ressource.

## **5. Conclusion :**

Dans cet avant-propos, nous avons présenté la société SEAAL, en mettant en lumière son rôle crucial et ses principales directions. Nous avons également expliqué sa mission principale, qui consiste à gérer de manière efficace et durable les ressources en eau.

# SOMMAIRE

## Table des matières :

Introduction générale.....	1
<b>Chapitre I : Présentation de la station de traitement de Boudouaou.</b>	
I.1. Introduction.....	2
I.2. Présentation générale de la station de traitement de Boudouaou.....	2
I.2.1. Création et localisation .....	2
I.2.2. Les différents services de la station de traitement de Boudouaou.....	3
I.2.3. Les caractéristiques de la station de traitement de Boudouaou.....	4
I.2.4. Principaux ouvrages de la station de traitement.....	5
I.2.6. Organigramme des principaux ouvrages de la station de traitement de Boudouaou...8	
I.3. Présentation le bâtiment des réactifs .....	9
I.3.1. Installation du Sulfate D'alumine.....	9
I.4. Instrumentation de l'installation actuelle.....	11
I.4.1. Les capteurs.....	11
I.4.2. Partie hydromécanique de l'installation.....	12
I.4.3. Partie électrique de l'installation .....	16
I.5. Problématique .....	19
I.6. Solutions proposées .....	19
I.7. Instrumentation proposée pour l'automatisation de l'installation.....	20
I.7.1. Capteur de niveau à ultrasons.....	20
I.7.2. Détecteur de fin de course.....	21
I.7.3. Vérin pneumatique double effet .....	21
I.7.4. Vanne à guillotine à commande pneumatique .....	21
I.7.5. Vanne alvéolaire.....	21
I.7.6. Vanne à commande pneumatique.....	22
I.7.7. Dessacheuse automatique .....	22
I.7.8. Le plan de l'installation après l'automatisation .....	23
I.8. Conclusion .....	24

## Chapitre II : Modélisation de l'installation du sulfate d'alumine avec

## **GRAFCET.**

II.1. Introduction .....	25
II.2. Définition de GRAFCET.....	25
II.3. Les éléments de base du GRAFCET.....	25
II.4. Règles d'évolution du GRAFCET .....	26
II.4.1. Règle 1 : Les étapes initiales.....	26
II.4.2. Règle 2 : Franchissement d'une transition... ..	26
II.4.3. Règle 3 : Evolution des étapes actives.....	27
II.4.4. Règle 4 : Transitions simultanées.....	27
II.4.5. Règle 5 : Activation et désactivation simultanées.....	27
II.5. Structure de base .....	27
II.5.1. Séquence unique.....	27
II.5.2. Séquence exclusive (OU).....	28
II.5.3. Séquence simultanée (ET).....	28
II.5.4. Saut d'étapes et reprise de séquence .....	29
II.5.5. Sous-programme .....	29
II.5.6. Macro-étapes.....	30
II.6. Niveaux d'un GRAFCET .....	31
II.6.1. GRAFCET niveau 1 : Spécifications fonctionnelles.....	31
II.6.2. GRAFCET niveau 2 : Spécifications technologiques .....	31
II.7. Cahier des charges.....	32
II.8. GRAFCET de l'installation .....	33
II.9. Conclusion.....	40

## **Chapitre III : Automatisation de l'installation du Sulfate d'alumine.**

III.1. Introduction .....	42
III.2. Définition des automates programmables industriels(API) .....	42
III.3. Principe et fonctionnement des automates programmables .....	42
III.4. Architecture des automates programmables.....	42
III.5. Critères de choix d'un automate.....	43
III.6. Siemens Simatic S7-300 .....	43
III.6.1. Présentation d'automate .....	43
III.6.2. Les avantages de l'automate.....	44

III.7. Programmation de l'automate SIEMENS S7-300.....	44
III.7.1. Description du logiciel STEP 7 .....	44
III.7.2. Langages de programmation .....	44
III.7.3. Les blocs du programme utilisateur .....	45
III.7.4. Création d'un projet .....	46
III.7.5. Configuration matérielle.....	48
III.7.6. Table des Mnémoniques.....	49
III.8. Simulation du programme avec S7-PLCSIM.....	50
III.8.1. Définition.....	50
III.8.2. Les étapes de simulation d'un programme .....	50
III.8.3. Exemple de Simulation .....	51
III.9. Conclusion.....	54

## **Chapitre IV : Supervision de l'installation du SA.**

IV.1. Introduction .....	56
IV.2. Généralité sur la supervision.....	56
IV.2.1. Définition de la supervision.....	56
IV.2.2. Avantage de la supervision.....	56
IV.2.3. Constitutions d'un système de supervision .....	56
IV.2.3. Les interfaces Homme-Machine (IHM).....	57
IV.3. Supervision sous WinCC flexible .....	58
IV.3.1. Présentation du logiciel de supervision WinCC flexible .....	58
IV.3.2. Structure de WinCC flexible .....	58
IV.3.3. Création d'un projet WinCC .....	58
IV.3.4. Communication WinCC/STEP 7.....	60
IV.3.5. Création des vues.....	61
IV.4. Plateforme de supervision d'installation du sulfate d'alumine .....	61
IV.5. Description et aperçu des différentes vues.....	61
IV.5.1. Vue initiale .....	61
IV.5.2. Vue de poids silos .....	62
IV.5.3. Vue de dosage.....	62
IV.5.4. Vue d'alarme .....	63
IV.6. Conclusion .....	64

Conclusion générale .....66

# LES ABRÉVIATIONS

<b>SEAAL</b>	Société des eaux et de l'assainissement d'Alger.
<b>ENF</b>	Eaux Non Facturées.
<b>ADE</b>	L'algériennes des eaux.
<b>ONA</b>	L'office national d'assainissement.
<b>SPIK</b>	Système de Production Isser Keddara.
<b>Million m<sup>3</sup></b>	Million de Mètre cube.
<b>m<sup>3</sup></b>	Mètre cube.
<b>m<sup>3</sup>/j</b>	Mètre cube par jour.
<b>m<sup>3</sup> /s</b>	Mètre cube par seconde.
<b>km</b>	Kilomètres.
<b>SST</b>	Santé Sécurité Travail.
<b>DSP</b>	Direction Sécurité Personne.
<b>mm</b>	Millimètre.
<b>GMAO</b>	Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur.
<b>DN</b>	Diamètre nominale.
<b>PH</b>	Potentiel d'hydrogène.
<b>MES</b>	Les matières en suspensions.
<b>m</b>	Mètre.
<b>SA</b>	Sulfate d'alumine.
<b>kg</b>	Kilogramme.
<b>m<sup>3</sup>/h</b>	Mètre cube par heure.
<b>mce</b>	Mètre colonne d'eau.
<b>mA</b>	Milliampère.
<b>GRAFCET</b>	Graphe Fonctionnel de Commande Étapes/Transitions.
<b>BG</b>	Les Bond Graphs.
<b>GIC</b>	Le Graphe Informationnel Causal.
<b>API</b>	Automate Programmable Industriel.
<b>TOR</b>	Tout ou rien.
<b>PS</b>	Module d'alimentation.
<b>SM</b>	Module de signaux.

<b>IM</b>	Module d'extension.
<b>FM</b>	Module de fonction.
<b>CONT</b>	Ladder Logic.
<b>LOG</b>	Diagrammes de blocs fonctionnels.
<b>LIST</b>	Texte structuré.
<b>OB</b>	Blocs d'organisations.
<b>FC</b>	Fonctions.
<b>FB</b>	Blocs fonctions.
<b>DB</b>	Blocs de données.
<b>Ko</b>	Kilo-octet.
<b>V</b>	Volte.
<b>A</b>	Ampère.
<b>DI</b>	Digitale input.
<b>DO</b>	Digitale output.
<b>WinCC</b>	Windows Control Center.
<b>IHM</b>	Interface Home Machine.

# LISTE DES FIGURES

## Chapitre I :

<b>Figure I.1</b> : Implantation de la station de traitement de Boudouaou.....	2
<b>Figure I.2</b> : Logiciel (GMAO) MAINTA .....	3
<b>Figure I.3</b> : Schéma de La station de Traitement de Boudouaou.....	4
<b>Figure I.4</b> : Chambres d'obturateur .....	5
<b>Figure I.5</b> : Chambres de mélange .....	6
<b>Figure I.6</b> : Chambres de répartition .....	6
<b>Figure I.7</b> : Décanteurs pulsator lamellaire .....	7
<b>Figure I.8</b> : Les filtres AQUAZUR V .....	7
<b>Figure I.9</b> : Organigramme des principaux ouvrages de la station de traitement de Boudouaou.	8
<b>Figure I.10</b> : Les silos .....	9
<b>Figure I.11</b> : Le plan d'installation du sulfate d'aluminium.....	10
<b>Figure I.12</b> : Capteur de niveau à flotteur .....	11
<b>Figure I.13</b> : Capteur de pesage à compression.....	12
<b>Figure I.14</b> : Bouton d'arrêt d'urgence .....	12
<b>Figure I.15</b> : Moteur asynchrone .....	12
<b>Figure I.16</b> : Pompe centrifuge horizontale monocellulaire de la série ECO .....	13
<b>Figure I.17</b> : Agitateur de type HELISEM Série VRT .....	13
<b>Figure I.18</b> : Vibreur électrique.....	14
<b>Figure I.19</b> : Le dépoussiéreur.....	14
<b>Figure I.20</b> : Vanne à guillotine.....	15
<b>Figure I.21</b> : Vanne de soutirage.....	15
<b>Figure I.22</b> : Vanne avec bras.....	16

<b>Figure I.23</b> : Vanne avec robinet.....	16
<b>Figure I.24</b> : Relais thermique.....	16
<b>Figure I.25</b> : Relais de commande .....	17
<b>Figure I.26</b> : Relais temporisé.....	17
<b>Figure I.27</b> : Disjoncteur moteur.....	18
<b>Figure I.28</b> : Disjoncteur différentielle .....	18
<b>Figure I.29</b> : Contacteur.....	18
<b>Figure I.30</b> : Fusible .....	19
<b>Figure I.31</b> : Sectionneur port fusible.....	19
<b>Figure I.32</b> : Capteur de niveau VEGASON 62.....	20
<b>Figure I.33</b> : Détecteur de fin de course .....	21
<b>Figure I.34</b> : Vérin pneumatique double effet.....	21
<b>Figure I.35</b> : Vanne à guillotine commande pneumatique .....	21
<b>Figure I.36</b> : Vanne alvéolaire à gravité RVC .....	22
<b>Figure I.37</b> : Vanne à commande pneumatique.....	22
<b>Figure I.38</b> : Déssacheuse .....	23
<b>Figure I.39</b> : Le plan de l'installation automatisé.....	23

## **Chapitre II :**

<b>Figure II.1</b> : Les éléments de base du GRAFCET.....	26
<b>Figure II.2</b> : Franchissement d'une transition.....	26
<b>Figure II.3</b> : Evolution des étapes actives .....	27
<b>Figure II.4</b> : Séquence unique.....	27
<b>Figure II.5</b> : Divergence Convergence en OU.....	28
<b>Figure II.6</b> : Divergence Convergence en ET.....	28

<b>Figure II.7</b> : Saut d'étape .....	29
<b>Figure II.8</b> : Reprise de séquence.....	29
<b>Figure II.9</b> : sous-programme.....	30
<b>Figure II.10</b> : macro-étape .....	30
<b>Figure II.11</b> : GRAFCET niveau 1 .....	31
<b>Figure II.12</b> : GRAFCET niveau 2 .....	32
<b>Figure II.13</b> : GRAFCET principale .....	34
<b>Figure II.14</b> : GRAFCET de remplissage.....	34
<b>Figure II.15</b> : GRAFCET de préparation .....	35
<b>Figure II.16</b> : GRAFCET d'injection par pompe 1.....	36
<b>Figure II.17</b> : GRAFCET d'injection par pompe 2.....	37

### **Chapitre III :**

<b>Figure III.1</b> : L'automate programmable .....	43
<b>Figure III.2</b> : Langage LADDER.....	45
<b>Figure III.3</b> : Langage logique.....	45
<b>Figure III.4</b> : Langage LIST .....	45
<b>Figure III.5</b> : Le bloc d'organisation OB1 .....	46
<b>Figure III.6</b> : Fenêtre de création d'un nouveau projet .....	47
<b>Figure III.7</b> : Choix de la CPU.....	47
<b>Figure III.8</b> : Choix du bloc et langage de programmation .....	48
<b>Figure III.9</b> : Nom du projet .....	48
<b>Figure III.10</b> : Fenêtre des cycles d'exécution et des fonctions .....	48
<b>Figure III.11</b> : Configuration matérielle de notre programme.....	49
<b>Figure III.12</b> : La table des mnémoniques .....	50
<b>Figure III.13</b> : La mise en marche de la déssacheuse .....	51

<b>Figure III.14</b> : L'arrêt de la déssacheuse.....	52
<b>Figure III.15</b> : L'ouverture de la vanne à guillotine .....	52
<b>Figure III.16</b> : La fermeture de la vanne à guillotine .....	53
<b>Figure III.17</b> : L'activation de la pompe1 .....	53
<b>Figure III.18</b> : La désactivation de la pompe1.....	54

## **Chapitre IV :**

<b>Figure IV.1</b> : Constitution d'un système de supervision .....	57
<b>Figure IV.2</b> : Création d'un projet.....	59
<b>Figure IV.3</b> : Espace de travail WinCC flexible .....	59
<b>Figure IV.4</b> : Liaison MPI entre le WinCC et le projet STEP7.....	60
<b>Figure IV.5</b> : Vue globale .....	62
<b>Figure IV.6</b> : Vue de poids silos.....	62
<b>Figure IV.7</b> : Vue de dosage.....	63
<b>Figure IV.8</b> : Vue d'alarme.....	63

# LISTE DES TABLES

<b>Tableau.1</b> : Les entrées de la partie remplissage.....	38
<b>Tableau.2</b> : Les sorties de la partie remplissage.....	38
<b>Tableau.3</b> : Les entrées de la partie préparation.....	38
<b>Tableau.4</b> : Les sorties de la partie préparation.....	38
<b>Tableau.5</b> : Les entrées de la partie d'injection 1 et 2.....	39
<b>Tableau.6</b> : Les sorties de la partie d'injection 1 et 2.....	40

# **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

Aujourd'hui, vu l'évolution technologique qu'a connue le domaine de l'automatisme et qui a conduit à la réalisation des systèmes de production automatisés de plus en plus complexes. La Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger (SEAAL) s'oriente à investir dans l'automatisation de ses stations de traitement d'eau qui sont basées à l'origine sur la logique câblée ; en effet SEAAL de Boudouaou a commencé d'automatiser quelques installations, et pour poursuivre dans cette dynamique, nous allons automatiser l'installation du Sulfate d'alumine qui fonctionne manuellement en utilisant un automate programmable industriel (API) S7-300.

L'Automate Programmable Industriel (API) est devenue le constituant le plus répandu de l'automatisation. Il occupe une place de choix non seulement dans l'industrie mais aussi dans plusieurs secteurs, dans le but de remplir des rôles de commande et de communication, et répondre aux besoins d'adaptation et de flexibilité des activités économiques actuelle.

Dans ce contexte, notre travail consiste à automatiser l'installation de préparation et d'injection du sulfate d'alumine qui est actuellement basée sur une logique câblée. Pour ce faire, nous allons implanter un automate S7-300 de la firme Siemens.

Notre mémoire est réalisé en quatre chapitres suivant :

- **Le premier chapitre** sera consacré à la présentation de la station de traitement de Boudouaou, ainsi qu'une description détaillée de l'installation du sulfate d'alumine et ces différents constituants.
- **Le deuxième chapitre** s'étalera sur l'étude générale de l'outil de modélisation GRAFCET, ainsi que la modélisation de notre cahier des charges de l'installation du sulfate d'alumine à l'aide de cet outil.
- **Le troisième chapitre** portera sur l'automatisation et la programmation de l'installation à l'aide de l'automate S7-300.
- **Le dernier chapitre** consiste à la création d'une plateforme de supervision à l'aide de WinCC flexible, permettant la visualisation et le contrôle en temps réel du système.

**CHAPITRE I :**  
**PRÉSENTATION DE**  
**LA STATION DE**  
**TRAITEMENT DE**  
**BOUDOUAOU**

**I.1. Introduction :**

La qualité d'eau que nous consommons dépend, en grande partie, des processus de traitement effectués aux stations de traitement, car ces dernières jouent un rôle crucial en purifiant l'eau pour la rendre potable, assurant ainsi la santé publique et la protection de l'environnement. La station de traitement concernée par cette étude est la station de traitement de Boudouaou.

Dans ce chapitre, nous allons présenter la station de traitement de Boudouaou, ainsi qu'une description de l'installation du sulfate d'alumine.

**I.2. Présentation générale de la station de traitement de Boudouaou :****I.2.1. Création et localisation :**

La station de traitement de Boudouaou a été mise en service en 1987, elle fait partie du Système de Production Isser Keddara (SPIK). Elle assure le traitement des eaux brutes qui s'écoule par gravité depuis du barrage de Keddara (145 Million m<sup>3</sup>) jusqu'à la station de traitement de Boudouaou, le remplissage de ce barrage est assuré par pompage via le barrage de Beni Amrane 17 Million m<sup>3</sup>.

Elle reçoit aussi une quantité des eaux traitées de la station de traitement de Taksebt 7,25 m<sup>3</sup>/s environ de 605.000 m<sup>3</sup>/j stocké dans deux réservoirs de 25000 m<sup>3</sup>.

La station de traitement de Boudouaou se situe entre la ville de Boudouaou et Ouled Moussa wilaya de Boumerdes et à environ 7 km du barrage de Keddara.



**Figure I.1 :** Implantation de la station de traitement de Boudouaou.

**I.2.2. Les différents services de la station de traitement de Boudouaou :**

La station de traitement de Boudouaou compte 143 employés répartis dans sept services différents.

- Service Santé Sécurité Travail (SST) : assure le rôle hygiène et sécurité des travailleurs.
- Service Direction Sécurité Personnel (DSP) : assure la sécurité de l'usine ainsi que son personnel.
- Service exploitation : assure la production et l'exploitation des ouvrages de traitement.
- Service laboratoire : assure la qualité de la production.
- Service maintenance : assure le bon fonctionnement des équipements de production.
- Service réseaux : assure le bon fonctionnement des adductrices (transfert des eaux traitées).
- Service pompage : assure le pompage pour l'alimentation des villes en eau traitée.

La station de traitement de Boudouaou assure la production d'eau de qualité en utilisant les différents services, l'un de ces services est le service de maintenance ou nous avons été accueillis pour mener notre stage pratique.

**I.2.2.1. Service maintenance :**

La maintenance est l'ensemble des actions techniques, administratives et de management effectuées pendant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir, à l'améliorer ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut effectuer la fonction requise. Son objectif principal est d'assurer la rentabilité des investissements matériels des entreprises en maintenant le potentiel d'activité et en tenant compte de la politique définie par l'entreprise [2].

Pour garantir l'ordonnancement de la maintenance : un logiciel GMAO MAINTA (Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur) (Figure I.3) est utilisé, ce logiciel est mis en exploitation depuis 2017. C'est un outil performant, moderne, ergonomique, complet, adapté à toutes les tailles d'entreprises et tous les secteurs.



**Figure I.2 :** Logiciel (GMAO) MAINTA.

**I.2.3. Les caractéristiques de la station de traitement de Boudouaou :**

La station de traitement de Boudouaou est implantée sur un terrain de 17 Hectares avec une capacité de production de 540 000 m<sup>3</sup>/j environ de 6.25 m<sup>3</sup>/s et une capacité de stockage de 100 000 m<sup>3</sup>, et un réseau de transfert SPIK 25 km vers Alger et quelques villes de la willaya de Boumerdes.



**Figure I.3 :** Schéma de La station de Traitement de Boudouaou.

- |  |  |
|--|--|
| 1- Ouvrage d'arrivée d'eau bute.           | 10- Ateliers.                              |
| 2- Décanteurs.                             | 11- Bâtiment administratif et laboratoire. |
| 3- Filtres.                                | 12- Poste de garde et pont bascule.        |
| 4- Réservoirs.                             | 13- Groupe électrogène.                    |
| 5- Bâtiment de chlore.                     | 14- Station de pompage.                    |
| 6- Bâtiment de produits chimiques.         | 15- Poste de livraison.                    |
| 7- Bâtiment d'exploitation et de Contrôle. | 16- Bâtiment de désinfection.              |
| 8- Bâtiment de chaux.                      | 17- Réservoir d'eau traitée de Taksebt.    |
| 9- Station d'épuration.                    | 18- Bâtiment d'exploitation.               |

**I.2.4. Principaux ouvrages de la station de traitement :**

Les principaux ouvrages de la station de traitement de Boudouaou sont : L'ouvrage d'arrivée et injection des réactifs, les décanteurs, les filtres, les réservoirs de stockages :

**I.2.4.1. L'ouvrage d'arrivée :**

L'ouvrage d'arrivée se compose de trois chambres : chambre d'obturateur, chambre de mélange et chambre de répartition.

**I.2.4.2. Chambre d'obturateur :**

L'eau brute s'écoule par gravité du barrage de Keddara via deux conduites d'arrivées de diamètre nominal (DN) 1200 mm vers la station de traitement de Boudouaou.

L'eau brute arrive dans une chambre d'arrivée qui comporte quatre obturateurs à disque (Voir Figure I.4) qui ont pour rôle :

- **Isolation** : Les obturateurs offrent la possibilité d'isoler chaque conduite d'eau, ce qui facilite le contrôle et la régulation du flux ;
- **Régulation** : La position des obturateurs permet de contrôler le débit d'eau entrant dans la station, garantissant ainsi un flux constant et contrôlé ;
- **Oxygénation et aération des eaux** : Les obturateurs à disque peuvent aussi être utilisés pour introduire de l'air dans le flux d'eau, ce qui permet une aération et une oxygénation de l'eau brut.



**Figure I.4** : Chambres d'obturateur.

**I.2.4.3. Chambre de mélange :**

Dans cette chambre, on fait l'injection des réactifs via des tuyaux de PVC perforés (Voir Figure I.5).

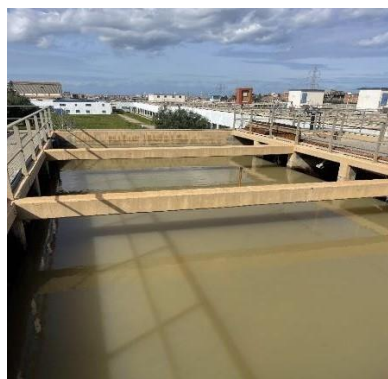
- Le chlore pour éliminer les bactéries ;
- Le charbon actif en poudre, en cas de pollution par l'hydrocarbure ou le mauvais goût et la mauvaise odeur (saisonnier) ;
- Permanganate de potassium ( $\text{KMnO}_4$ ) en cas d'excès de fer (saisonnier) ;
- Coagulation par l'injection du sulfate d'alumine ;
- Correction de potentiel d'hydrogène PH avec l'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).



**Figure I.5 :** Chambres de mélange.

**I.2.4.4. Chambre de répartition :**

La chambre de répartition est utilisée pour la distribution d'eau brute mélangée avec les réactifs vers les deux filières de traitement, chaque filière contient de trois décanteurs et huit filtres. Elle est équipée de six vannes murales où se fait l'injection de polymère (floculation), qu'il permet la formation des floccs facilement décantés.



**Figure I.6 :** Chambres de répartition.

**I.2.4.5. Décanteurs pulsator lamellaire :**

La station de traitement de Boudouaou est équipée de six décanteurs de type PULSATOR lamellaire à lit de boue non couverts trois par file de traitement.



**Figure I.7 :** Décanteurs pulsator lamellaire.

La décantation est un traitement de clarification des eaux, est assurée par un ouvrage appeler décanteur pulsateur, ce dernier, permet d'éliminer les matières en suspensions (MES) et les floccs issus de la coagulation et floculation. Le pulsateur est un décanteur lamellaire à lit de boue pulsé qui permet de réaliser les opérations de coagulation, floculation et décantation dans un seul et même ouvrage. Sa conception particulière permet de garantir une qualité parfaite de l'eau décantée, grâce à l'installation de modules lamellaires, quelles que soient les variations de qualité et de débit d'eau brute. Les boues formées par la floculation constituent une masse en expansion. Cette masse est un lit de boue, dont l'homogénéité est maintenue par des cycles pulsatoires, mis en œuvre grâce à une cloche à vide. L'eau préalablement coagulée circule de bas en haut de manière régulière et uniforme au travers de ce lit de boue, et ressort clarifiée à la surface du décanteur.

**I.2.4.6. Les filtres aquazur v :**

La station de traitement de Boudouaou se dispose de 16 filtres à sable de type Aquazur V.



**Figure I.8 :** Les filtres AQUAZUR V.

L'eau décantée sera filtrée sur 16 filtres installés en deux filières il s'agit de filtre à sable de type Aquazur V est un filtre ouvert à sable à courant descendant. Comme tout filtre, c'est un séparateur solide-liquide. Il est destiné à retenir les MES présentes dans l'eau à traiter grâce à une épaisse couche de sable qui contient 1.20 m de sable et 5cm de gravier de surface 163m<sup>3</sup>. Généralement, l'eau à filtrer est l'effluent, provenant d'un procédé de clarification, c'est-à-dire d'un décanteur. L'eau est généralement distribuée au-dessus du sable par le déversoir d'entrée, elle traverse le sable où les matières en suspension restants après décantation sont retenues.

Après la filtration de l'eau, elle subit une désinfection par le chlore et une correction de PH par l'injection de lait de chaux avant d'être stockée dans les réservoirs.

**I.2.5. Les réservoirs de stockage :**

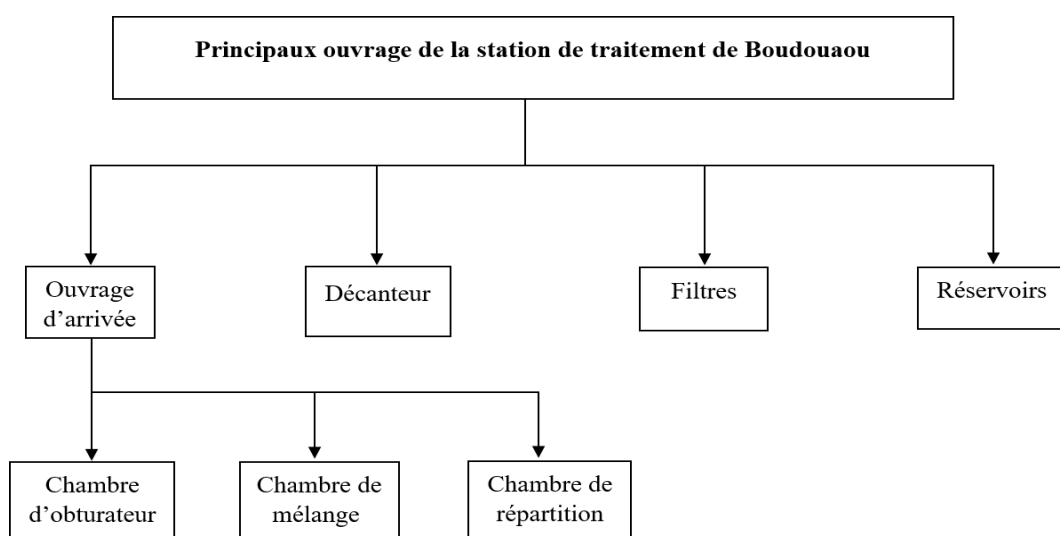
Après avoir traversé les différentes étapes de traitement, l'eau sera stockée dans des réservoirs puis transférée gravitairement jusqu'à Alger et pompée vers les villes de Boumerdes.

Il existe :

- Deux réservoirs avec une capacité de 50.000 m<sup>3</sup> chacun, qui sont destiné à stocker l'eau traité de Boudouaou ;
- deux réservoirs avec une capacité de 25.000 m<sup>3</sup>, pour accueillir les eaux traitées de Taksebt.

**I.2.6. Organigramme des principaux ouvrages de la station de traitement de Boudouaou :**

Les différents ouvrages de la station de traitement des eaux Boudouaou sont résumés dans l'organigramme de la figure suivante :



**Figure I.9 :** Organigramme des principaux ouvrages de la station de traitement de Boudouaou.

### **I.3. Présentation le bâtiment des réactifs :**

Les produits chimiques nécessaires au traitement d'eaux sont stockés dans le bâtiment des réactifs. Parmi ces produits, nous trouvons le sulfate d'alumine, le poly-électrolyte et le chlorure-ferrique. Notre intérêt se porte principalement sur le sulfate d'alumine.

#### **I.3.1. Installation du Sulfate D'alumine :**

Dans la station de traitement de Boudouaou, l'installation du sulfate d'alumine est divisée en trois parties :

##### **I.3.1.1. Hangar de stockage :**

Le sulfate d'alumine (SA) est livré dans des sacs de 50 kg qui est stocké dans le hangar d'une capacité de 2000 tonnes de sulfate d'alumine soit équivalent à une année de consommation en situation actuelle.

##### **I.3.1.2. Salle de préparation et de dosage :**

L'installation du SA est constitué de trois lignes de traitement identiques (Voir Figure I.10) qui se compose de :

- Trois silos en plastique d'une capacité de 8,5 m<sup>3</sup>, avec un dépoussiéreur chacun. Ils sont destinés à entreposer le Sulfate d'Alumine.



**Figure I.10 : Les silos.**

- Trois cuves en béton, sont utilisées pour la préparation de la solution concentrée, chacune étant associées à un silo. D'une capacité unitaire est 36 m<sup>3</sup>, elles sont équipées :
  - D'un agitateur ;
  - D'une arrivée d'eau de service pour la dilution ;
  - D'un trop-plein ;
  - D'une vanne de vidange ;
  - D'une connexion à une colonne de visualisation du niveau résiduel dans la cuve ;

- D'une conduite de retour de la solution de sulfate à patrie du bac de dosage.
- Deux pompes doseuses à débit fixe, pour le transfert et l'injection au niveau de l'ouvrage d'arrivée.
- Un réseau de transfert (tuyauteries) de la solution préparée.

L'installation du SA se compose de trois lignes de traitement identiques pour la préparation de la solution du SA. Les trois lignes fonctionnent d'une manière indépendante identique [3].

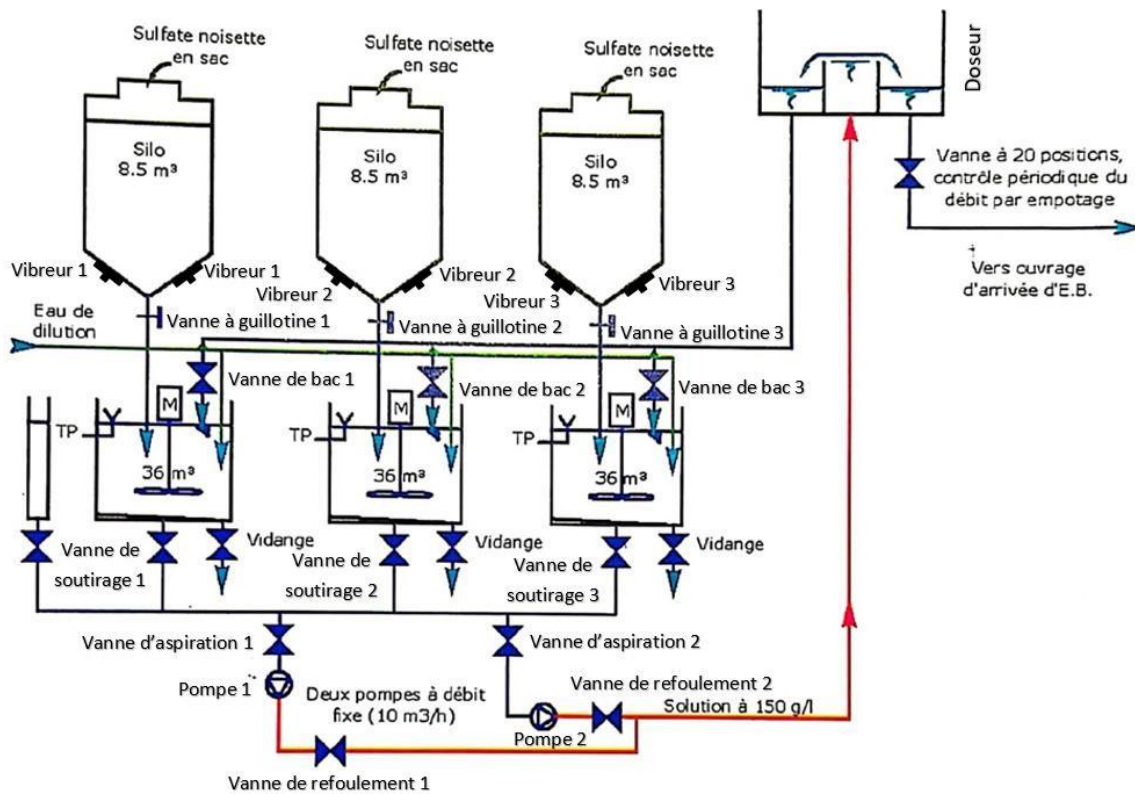


Figure I.11 : Le plan d'installation du sulfate d'aluminium.

#### Le fonctionnement actuel :

- Transférer la quantité du SA à préparer depuis le lieu de stockage vers le local de préparation (vers les trois silos) en utilisant le palan électrique.
- Démarrer l'aspirateur de la poussière, et remplir les trois silos avec du SA.
- Remplir le bac à moitié d'eau de service en ouvrant manuellement la vanne principale et la vanne du bac.
- Démarrer l'agitateur du bac, en fixant le commutateur sur la position marche.
- Ouvrir la vanne guillotine du silo, pour l'alimentation du bac en produit du SA, puis mettre en service le vibreur du silo en mode automatique.

- Fermer la vanne d'alimentation du bac en eau de service, dès que le remplissage atteint le niveau du volume désiré.
- Ouvrir la vanne d'aspiration du bac et la vanne de retour du doseur vers le bac.
- Mettre en service la pompe de transfert pour transférer la solution obtenue vers l'ouvrage d'arrivée [3].

#### **I.4. Instrumentation de l'installation actuelle :**

Les différents capteurs et actionneurs utilisés dans l'installation :

##### **I.4.1. Les capteurs :**

Un capteur est un dispositif qui transforme une grandeur physique en une grandeur généralement électrique.

Dans l'installation actuelle ils ont utilisé :

- Capteur de niveau,
- Capteur de pesage.

- **Capteur de niveau :**

Un capteur de niveau est un dispositif qui permet de mesurer le niveau de substance telle que des liquides, des poudres ou des matériaux granulaires dans des réservoirs, des silos ou d'autres conteneurs.

Dans l'installation on trouve :

- Capteur de niveau à flotteur (utilisé dans les bacs de préparation) : Le flotteur monte et descend en fonction du niveau de la solution SA. Nous trouvons deux capteurs de niveau dans un seul bac, niveau haut et niveau bas.



**Figure I.12 :** Capteur de niveau à flotteur.

- **Capteur de pesage :**

Un capteur de pesage est un dispositif utilisé pour mesurer la masse ou le poids d'un objet.  
Dans l'installation, on trouve :

- Capteur de pesage à compression qui sont souvent utilisés pour le pesage des silos avec le produit SA.



**Figure I.13 :** Capteur de pesage à compression.

### **Bouton d'arrêt d'urgence :**

C'est un bouton poussoir, généralement de couleur rouge, il sert à arrêter le système manuellement. Tous les installations sont équipées d'un bouton d'arrêt d'urgence en cas de problème pour éviter les dégâts causés par les actionneurs utilisés.



**Figure I.14 :** Bouton d'arrêt d'urgence.

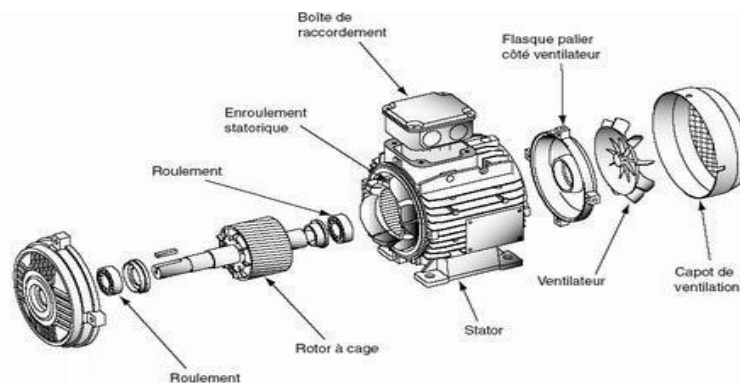
## **I.4.2. Partie hydromécanique de l'installation :**

### **I.4.2.1. Moteur asynchrone :**

Un moteur asynchrone, également appelé moteur à induction, est un dispositif électromécanique qui transforme l'énergie électrique en mécanique. Il est constitué essentiellement du rotor (induit) et du stator (inducteur).

Les courants triphasés alimentant le stator donnent naissance à un champ tournant qui induit les courants dans les conducteurs du rotor. L'action du champ tournant sur les courants génère des forces électromagnétiques qui font tourner le rotor.

Le moteur asynchrone est un moteur à courant alternatif dont la vitesse de rotation est différente de celle du champ magnétique du stator [4].



**Figure I.15 :** Moteur asynchrone.

**I.4.2.2. Pompe de transfert de la solution Sulfate d'Alumine :**

Les pompes centrifuges horizontales monocellulaires de la série ECO sont destinées aux transferts des liquides les plus divers (corrosifs et/ou agressifs). Elles sont équipées d'une garniture mécanique performante qui répond aux exigences les plus sévères de l'industrie. La gamme des pompes de la série ECO offre des débits jusqu'à 300 m<sup>3</sup> /h et une hauteur manométrique de 70 mce. La pompe utilisée à l'usine est d'un débit de 10 m<sup>3</sup> /h [5].



**Figure I.16 :** Pompe centrifuge horizontale monocellulaire de la série ECO.

**I.4.2.3. Agitateur Sulfate d'Alumine :**

L'agitateur motoréducteur est un dispositif composé d'un moteur électrique et d'un réducteur de vitesse, conçu pour fournir un mouvement rotatif ou oscillant à un élément d'agitation dans un réservoir ou un conteneur, afin de mélanger efficacement des liquides ou des suspensions dans divers processus industriels, chimiques et dans d'autres domaines. Dans notre cas nous l'utilisons pour la préparation de la solution du SA [6].

L'agitateur utilisé dans l'installation de Sulfate d'Alumine est de type HELISEM Série VRT.



**Figure I.17 :** Agitateur de type HELISEM Série VRT.

**I.4.2.4. Vibreur électrique :**

Le vibreur électrique est un dispositif qui transforme l'énergie électrique en mouvement vibratoire mécanique. Il est principalement utilisé dans les silos pour prévenir les problèmes de blocages et assurer un écoulement constant du produit SA.



**Figure I.18 :** Vibreur électrique.

#### **I.4.2.5. Le dépoussiéreur :**

Un dépoussiéreur est un équipement industriel essentiel pour filtrer les poussières lors du stockage et de la manipulation des matériaux dans un silo. Situé sur le sommet du silo, il capture les particules en aspirant l'air à travers les filtres, contribuant ainsi à prévenir la pollution atmosphérique et les risques pour la santé.



**Figure I.19 :** Les dépoussiéreurs.

#### **I.4.2.6. Les vannes :**

Les vannes sont des dispositifs mécaniques utilisés pour contrôler, arrêter ou réguler le flux de fluides (liquide, gaz ou mélanges) à travers une conduite.

L'installation est équipée de cinq types des vannes :

- **Vanne à guillotine :**

La vanne à guillotine est une vanne à montage entre brides étanche d'un côté, utilisée généralement pour des applications industrielles.

La vanne à guillotine utilisée dans notre l'installation est installée au-dessous des silos, elle s'ouvre et se ferme à travers le mouvement d'une lame, lorsque la vanne est fermée, la lame de guillotine bloque complètement le passage du produit SA, puis s'ouvre progressivement pour contrôler l'écoulement du produit.

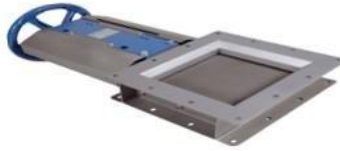


Figure I.20 : Vanne à guillotine.

- **Vanne soutirage :**

Une vanne de soutirage est un système mécanique des installations industrielles, chimiques, pétrolières et des réseaux de distribution d'eau. La fonction de cette vanne est de réguler le débit ou la sortie d'un liquide à partir d'un réservoir, d'une conduite ou d'un équipement donné.



Figure I.21 : Vanne de soutirage.

- **Vanne d'aspiration :**

La vanne d'aspiration est un dispositif qui permet de contrôler l'entrée d'un liquide ou d'un gaz dans une pompe ou un autre équipement. Elle est utilisée dans les systèmes de pompage, hydrauliques et réseaux de distribution d'eau.

- **Vanne de refoulement :**

Une vanne de refoulement est un dispositif de régulation, régule le flux de fluide sortant des pompes ou de système sous pression. Elle permet de maintenir une pression stable en aval de la pompe.

- **Vanne manuelles :**

C'est un dispositif qui permet l'ouverture ou la fermeture d'une conduite, soit le passage ou le blocage d'un débit et elle est commandée manuellement.

Nous distinguons deux types de vannes manuelles dans cette installation :

Avec bras,

Avec robinet.



Figure I.22 : Vanne avec bras.



Figure I.23 : Vanne avec robinet.

### I.4.3. Partie électrique de l'installation :

#### I.4.3.1. Les relais :

Un relais est un appareil dans lequel un phénomène électrique (courant ou tension) contrôle la commutation marche /arrêt d'un élément mécanique ou d'un élément électronique.

Dans cette installation ils ont utilisé :

- Relais thermique,
- Relais de commande,
- Relais temporisé.

- **Relais thermique :**

Un relais thermique est un dispositif utilisé pour la protection électrique des équipements, il permet de couper l'alimentation électrique en cas de surcharge prolongée d'un moteur, Il s'active lorsque le courant dépasse la valeur de réglage du relais, ce qui entraîne l'ouverture des contacts afin de préserver le moteur.



Figure I.24 : Relais thermique.

- **Relais de commande :**

Un relais de commande est un dispositif électromécanique utilisé pour contrôler le fonctionnement d'un circuit électrique. Il fonctionne de la même manière qu'un interrupteur.



Figure I.25 : Relais de commande.

- **Relais temporisé :**

Un relais temporisé représente un dispositif d'automatisme qui permet de transmettre une information électrique après un délai prédéfini. Nous pouvons également le nommer relais tout ou rien à un moment précis ou minuterie.



Figure I.26 : Relais temporisé.

### I.4.3.2. Disjoncteur :

Un disjoncteur est un dispositif de protection utilisé dans les circuits électriques pour gérer le flux d'électricité. Il établit, maintient et interrompt le courant dans des conditions normales et anormales, comme le court-circuit ou des surcharges. Sa fonction principale est de couper automatiquement l'alimentation électrique en cas de surintensité ou de court-circuit, assurant ainsi la sécurité des appareils électriques et des personnes.

Dans cette installation, nous trouvons deux types de disjoncteurs :

- Disjoncteur moteur,
- Disjoncteur différentielle.

- **Disjoncteur moteur :**

Un disjoncteur de moteur est un dispositif électromécanique destiné à protéger les moteurs électriques contre les surcharges et court-circuit. Lorsqu'un défaut est détecté, le disjoncteur coupe automatiquement l'alimentation électrique pour prévenir tout dommage au moteur.



Figure I.27 : Disjoncteur moteur.

- **Disjoncteur différentielle :**

Les disjoncteurs différentiels sont des dispositifs de protection électrique qui surveillent le flux de courant total dans une installation. Si une différence significative est détectée entre le courant entrant et le courant sortant (ce qui pourrait entraîner une fuite de courant vers la terre) le disjoncteur différentiel déclenche en ouvrant le circuit. Cette fonctionnalité est très efficace pour protéger les personnes et les biens contre les risques d'électrocution [7].



Figure I.28 : Disjoncteur différentielle.

#### I.4.3.3. Contacteur :

Les contacteurs sont des appareils de commande pouvant établir ou interrompre le passage de l'énergie électrique dans un circuit.



Figure I.29 : Contacteur.

#### I.4.3.4. Fusible :

Les fusibles sont des appareils de protection dont la fonction est d'ouvrir un circuit par fusion d'un élément calibré, lorsque le courant dépasse une valeur précise, pendant un temps donné.



Figure I.30 : Fusible.

#### I.4.3.5. Le sectionneur port fusible :

Le sectionneur est destiné à fermer et ouvrir un circuit électrique. Il permet de séparer (isoler) la source d'alimentation électrique et l'équipement électrique et son rôle est de protéger ces derniers contre le court-circuit [8].



Figure I.31 : Sectionneur port fusible.

### I.5. Problématique :

Les principaux problèmes que nous avons rencontrés dans notre installation actuelle :

- Le remplissage de silo se fait manuellement par les employés en amenant des sacs de SA de 50 kg.
- Utilisation des capteurs de niveau à flotteur dans les bacs qui ne permet pas de contrôler le niveau de la solution avec exactitude et provoque parfois le débordement de celle-ci.
- Utilisation d'un doseur manuel pour l'injection de la solution nécessaire vers l'ouvrage d'arrivé.
- Toutes les vannes de l'installation s'ouvrent et se ferment manuellement.
- La vanne à guillotine, elle-même, ne suffit pas à maîtriser précisément la quantité du SA versé dans le bac.
- L'installation ne dispose pas d'automate.
- L'installation ne dispose pas de système de supervision.

**I.6. Solutions proposées :**

- Pour améliorer l'efficacité et la précision de l'installation, nous proposons d'automatiser le processus de remplissage du silo en utilisant un système de déssacheuse automatique, pour que les employés ne transportent pas manuellement les sacs de 50 kg.
- Pour connaître le niveau exact de la solution dans le silo et éviter les débordements de celle-ci vers l'extérieur, les capteurs de niveau à flotteur devraient être remplacés par des capteurs de niveau analogique à ultrasons.
- Nous ajoutons un capteur d'écoulement pour la sécurité de la pompe.
- Nous ajoutons les vannes manuelles par des vannes à commande pneumatique pour améliorer l'efficacité et la sécurité de l'installation.
- Pour contrôler précisément la quantité du SA versée dans le bac, nous ajoutons une vanne alvéolaire après la vanne à guillotine.
- Programmation de l'installation par un automate S7-300.
- Réaliser une IHM qui facilitera la communication entre l'opérateur et le système.

**I.7. Instrumentation proposée pour l'automatisation de l'installation :**

Pour automatiser l'installation du SA, il est important de choisir les instruments adaptés pour garantir une opération efficace et sécurisée.

**I.7.1. Capteur de niveau à ultrasons :**

Un capteur de niveau à ultrasons est un dispositif de mesure qui utilise des ondes ultrasonores pour mesurer le niveau de liquides ou de solides dans divers types de réservoir. Dans notre installation on propose d'utiliser le capteur : VEGASON 62 4 ... 20 mA/HART à deux fils dans les bacs de préparation.

**Fonctionnement :**

Il fonctionne en émettant des impulsions ultrasonores vers le matériau à mesurer, mesurant ensuite le temps écoulé pour calculer la distance entre le capteur et la surface, ce capteur convertit ensuite cette distance en un signal de courant continu allant de 4 à 20 mA, indiquant respectivement le niveau le plus bas et le plus haut. Une méthode précise et fiable pour les environnements industriels [9].



Figure I.32 : Capteur de niveau VEGASON 62.

### I.7.2. Détecteur de fin de course :

Un contact de fin de course est un dispositif électromécanique qui permet de définir le positionnement des systèmes.



Figure I.33 : Détecteur de fin de course.

### I.7.3. Vérin pneumatique double effet :

Un vérin double effet a deux directions de travail. Il comporte deux orifices d'alimentation et la pression est appliquée alternativement de chaque côté du piston ce qui entraîne son déplacement dans un sens puis dans l'autre. Il est utilisé pour commander l'ouverture et la fermeture de la vanne à guillotine.



Figure I.34 : Vérin pneumatique double effet.

### I.7.4. Vanne à guillotine à commande pneumatique :

Pour améliorer la fiabilité et l'efficacité de notre vanne à guillotine, nous proposons de l'équiper d'un vérin pneumatique.

Un vérin pneumatique utilise la pression de l'air comprimé pour déplacer un piston, qui déplace la lame de la vanne à guillotine pour contrôler le passage du fluide. Les contacts de fin de course détectent les positions ouvertes et fermées de la vanne [10].



**Figure I. 35 :** Vanne à guillotine commande pneumatique.

#### **I.7.5. Vanne alvéolaire :**

Nous avons proposé d'installer une vanne alvéolaire de type RVC à gravité, placée après la vanne à guillotine, pour contrôler la quantité de SA versée.



**Figure I.36 :** Vanne alvéolaire à gravité RVC.

#### **Fonctionnement :**

La vanne alvéolaire à gravité RVC utilise un mécanisme rotatif à ailettes pour contrôler d'une manière continue et précise le flux de matériaux en vrac. Cela permet un contrôle efficace et fiable du débit dans l'installation [11].

#### **I.7.6. Vanne à commande pneumatique :**

Pour améliorer l'efficacité et la fiabilité de notre installation, nous proposons de remplacer nos vannes manuelles par des vannes pneumatiques.

Une vanne à commande pneumatique est un type de vanne utilisée pour réguler le débit d'un fluide dans un système. Elles sont actionnées par l'air comprimé et elles sont équipées d'un actionneur pneumatique qui convertit l'énergie de l'air comprimé en mouvement mécanique pour ouvrir, fermer ou réguler le débit de la vanne. Ces vannes sont largement utilisées dans diverses applications industrielles où un contrôle précis du débit de fluide est nécessaire [12].



**Figure I.37 :** Vanne à commande pneumatique.

**I.7.7. Déssacheuse :**

Pour améliorer l'efficacité et la précision de l'installation, nous proposons d'automatiser le processus de remplissage du silo en utilisant un système de déssacheuse automatique.

Une déssacheuse automatique est une machine utilisée dans les industries pour ouvrir automatiquement les sacs ou sachets contenant des produits en vrac et les faire monter vers les silos.



Figure I.38 : Déssacheuse .

**I.7.8. Le plan de l'installation après l'automatisation :**

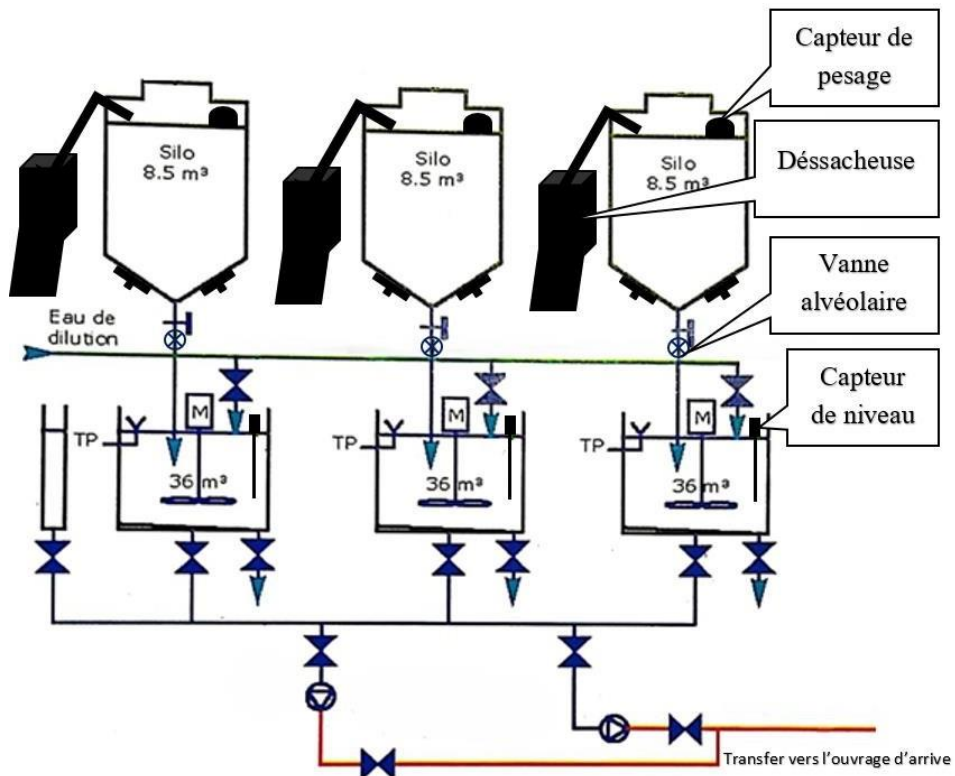


Figure I.39 : Le plan de l'installation automatisé.

**I.8. Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons présente la station de traitement de Boudouaou, toute en décrivant les éléments constituant ce dernier, De plus, nous avons abordé de manière générale le service de maintenance. Ensuite, nous avons fourni une description générale de l'installation du sulfate d'alumine. Enfin, nous avons proposé quelques solutions, pour automatiser l'installation du sulfate d'alumine.

Dans le chapitre suivant, nous allons modéliser l'installation du sulfate d'alumine à l'aide de l'outil GRAFCET.

**CHAPITRE II :**  
**MODÉLISATION DE**  
**L'INSTALLATION DU**  
**SULFATE**  
**D'ALUMINE AVEC**  
**gRAFCET**

## II.1. Introduction :

La conception d'un système automatisé passe impérativement par la modélisation du procédé, et cela se fait à l'aide de plusieurs outils développés à cet effet. Parmi ces outils, nous pouvons trouver les schémas blocs, les graphes de fluence, le Graphe Informationnel Causal (GIC), les Bond Graphs (BG), les Réseaux de Pétri, et le GRAFCET. Nous avons choisi ce dernier pour sa simplicité et son efficacité.

Dans ce chapitre, nous allons traduire le principe de fonctionnement de l'installation en utilisant le GRAFCET, qui est considéré comme un outil simple permettant de modéliser parfaitement l'installation tout en respectant les normes de fonctionnement.

## II.2. Définition de GRAFCET :

Le GRAFCET (acronyme de "Graphe Fonctionnel de Commande Étapes/Transitions") est un diagramme fonctionnel dont le but est de décrire graphiquement, selon un cahier des charges, les différents comportements et l'évolution d'un automatisme séquentiel. Il constitue un outil unique de dialogue entre toutes les personnes collaborant à la conception, à l'utilisation ou à la maintenance d'un système à automatiser. Il est largement utilisé en automatisme industriel pour concevoir, analyser et documenter les logiques de contrôle des systèmes automatisés. Cette méthode graphique facilite la compréhension, la planification et la programmation des séquences d'actions et de décisions dans un système automatisé [13].

## II.3. LES ELEMENTS DE BASE DU GRAFCET :

Le GRAFCET est constitué des éléments de base suivants : (Voir la Figure ci-dessous).

- ✓ **Étape** : Représente un moment où le système doit accomplir une tâche spécifique ou atteindre un certain état avant de pouvoir passer à l'étape suivante.
- ✓ **Étape initiale** : Elle représente le système à l'état de repos initial. Elle est activée au début de cycle.
- ✓ **Action** : Associée à une étape. Une action n'est commandée que lorsque l'étape est active.
- ✓ **Transition** : Permet le passage d'une étape à une autre.
- ✓ **Réceptivité** : Chaque transition est associée une condition logique appelée réceptivité qui exprime la condition nécessaire pour passer d'une étape à une autre.

- ✓ **Liaison orientée :** Elle relie les étapes aux transitions et les transitions aux étapes. Elles sont orientées. Le sens conventionnel de lecture se fait en haut en bas, sauf si une flèche précis un sens différent.

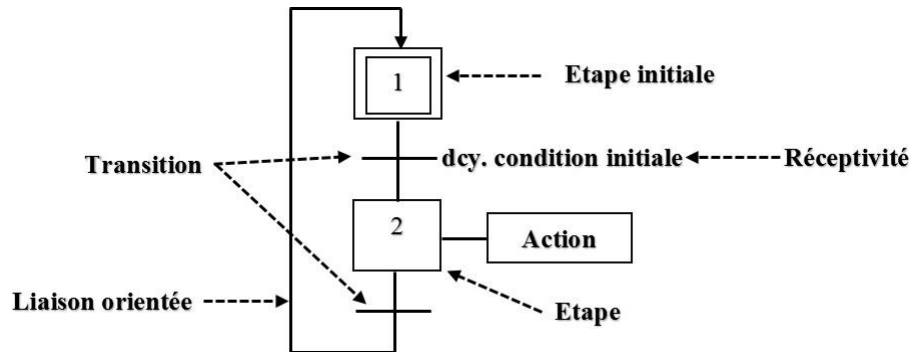


Figure II.1 : Les éléments de base du GRAFCET.

## II.4. Règles D'évolution Du GRAFCET :

Les cinq règles d'évolution du GRAFCET sont : [13]

### II.4.1. Règle 1 : Les étapes initiales

Un Grafcet commence par une étape initiale qui représente la situation initiale avant évolution du cycle. L'initialisation précise les étapes actives au début du fonctionnement. Elles sont activées inconditionnellement et repérées sur le Grafcet en doublant les côtés des symboles correspondants.

### II.4.2. Règle 2 : Franchissement d'une transition

Pour qu'une transition soit valide, il faut que toutes ses étapes amont (immédiatement précédentes reliées à cette transition) soient actives. Le franchissement d'une transition se produit lorsque la transition est validée, et seulement si la réceptivité associée est vraie.

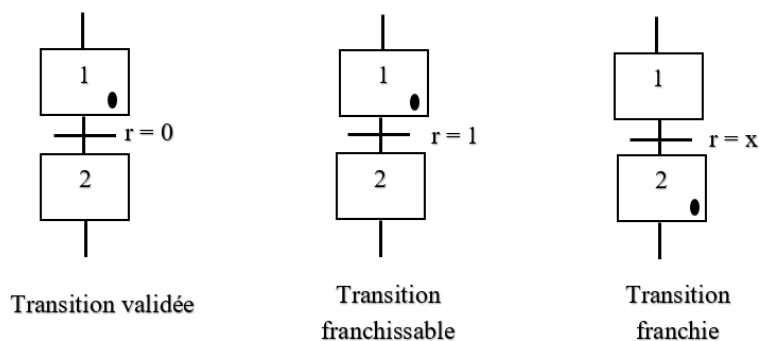
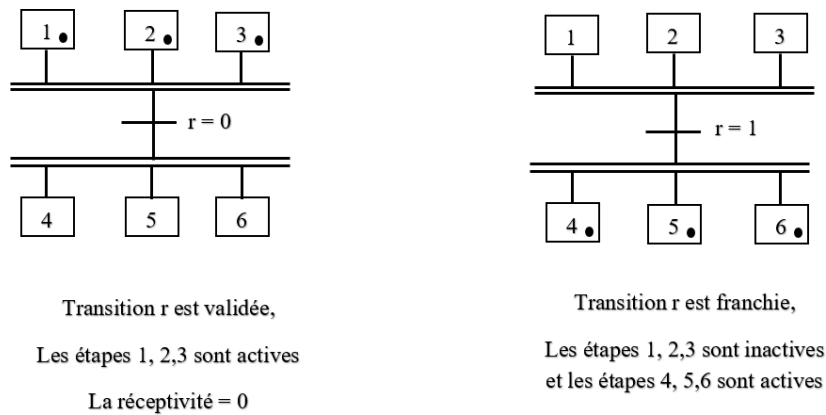


Figure II.2 : Franchissement d'une transition.

**II.4.3. Règle 3 : Evolution des étapes actives**

Le franchissement d'une transition entraîne l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.



**Figure II.3 :** Evolution des étapes actives.

**II.4.4. Règle 4 : Transitions simultanées**

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

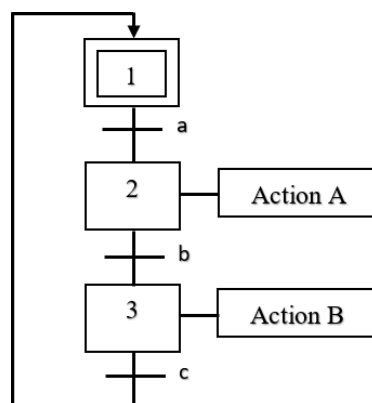
**II.4.5. Règle 5 : Activation et désactivation simultanées**

Si, une étape se trouve à la fois activée et désactivée durant le fonctionnement, elle reste active.

**II.5. Structure De Base :**

**II.5.1. Séquence unique :**

Une séquence, dans un Grafcet, est une suite d'étapes à exécuter l'une après l'autre. Autrement dit chaque étape ne possède qu'une seule transition aval et une seule transition amont.



**Figure II.4 :** Séquence unique.

### II.5.2. Séquence exclusive (OU) :

- ✓ **Divergence en OU** : On dit qu'il y a une divergence en OU lorsque le grafcet se décompose en deux ou plusieurs réceptivités selon un choix conditionnel.
- ✓ **Convergence en OU** : On dit qu'il y a une convergence en OU, lorsque deux ou plusieurs réceptivités du grafcet converge vers une seule étape.

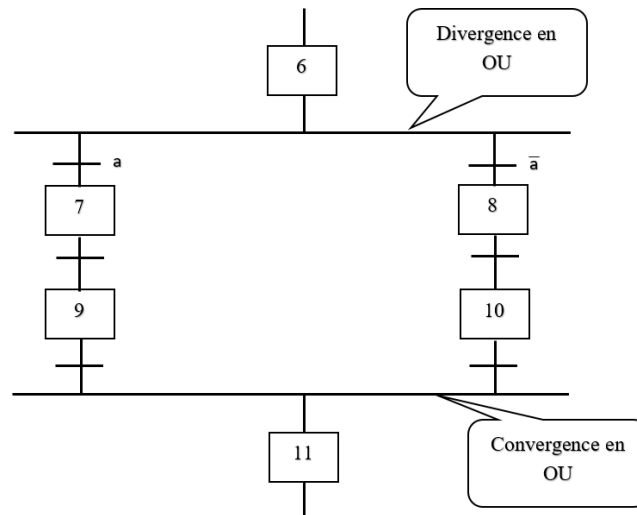


Figure II.5 : Divergence Convergence en OU.

### II.5.3. Séquence simultanée (ET) :

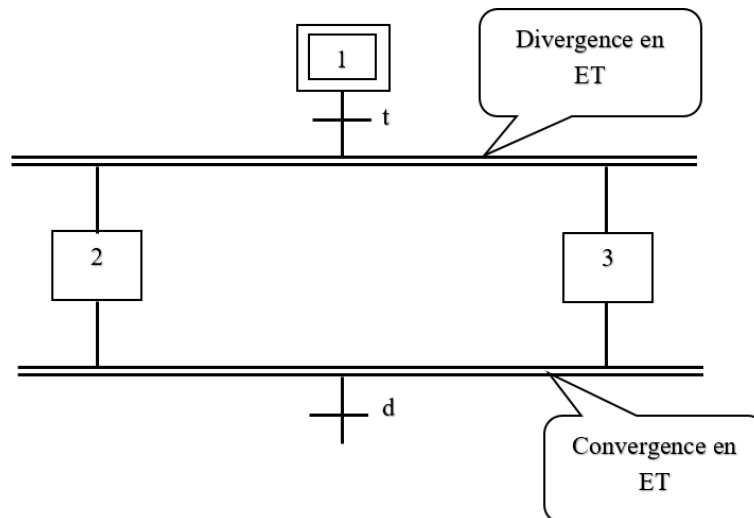
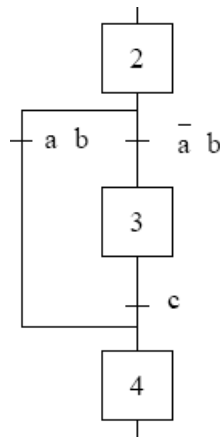


Figure II.6 : Divergence Convergence en ET.

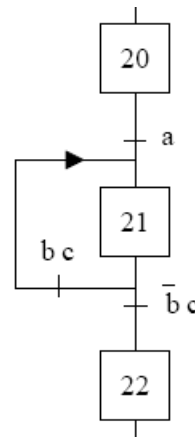
- ✓ **Divergence en ET** : Lorsque la transition t est franchie, les étapes 2 et 3 sont activées au même temps
- ✓ **Convergence en ET** : La transition d sera validée lorsque l'étape 2 et 3 seront actives.

**II.5.4. Saut d'étapes et reprise de séquence :**

- ✓ **Saut d'étape :** Le saut d'étape permet de sauter une ou plusieurs étapes en fonction de la progression d'un cycle.
  
- ✓ **Reprise de séquence :** La reprise d'étape permet de ne pas continuer le cycle mais de reprendre une séquence précédente lorsque les actions à réaliser sont répétitives.



**Figure II.7 :** Saut d'étape.



**Figure II.8 :** Reprise de séquence.

**II.5.5. Sous-programme :**

Dans les systèmes d'automatismes séquentiels, il est fréquent d'avoir des tâches répétitives à accomplir à plusieurs reprises au cours d'un cycle. Pour simplifier la modélisation et la programmation de ces tâches, elles peuvent être représentées par des GRAFCET indépendants, qui sont des sous-programmes. Ces sous-programmes sont synchronisés avec un GRAFCET principal.

La représentation de sous-programme est donnée par le symbole :  $\boxed{\boxed{2}}$

La figure illustre la présentation d'un sous-programme avec son expansion :

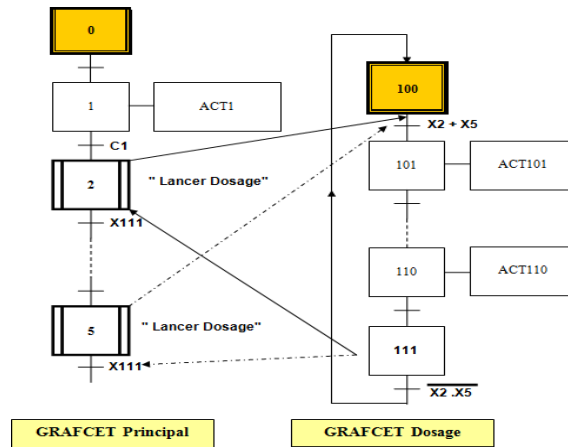


Figure II.9 : sous-programme.

**II.5.6. Macro-étapes :**

Une macro-étape est une représentation unique d'une succession d'étapes et de transitions. Elle est assimilable, par son fonctionnement, à un déroutement de programme sans interruption. On ne peut l'appeler qu'une seule fois, et plusieurs macro-étapes peuvent être présentes dans un Grafcet. Elles sont utilisées pour simplifier la lecture et la compréhension d'un système complexe.

La représentation de la macro-étape est donnée par le symbole : M6

La figure illustre la présentation d'une Macro-étape M6 avec son expansion :

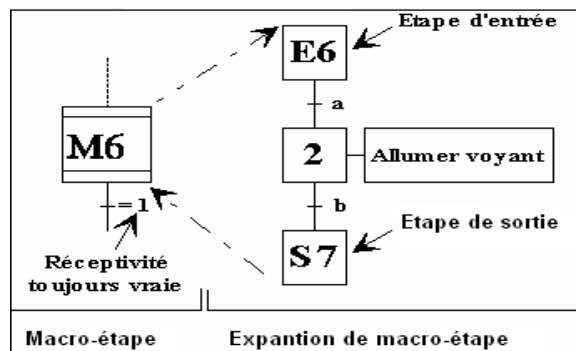


Figure II.10 : macro-étape.

## II.6. Niveaux D'un GRAFCET :

Le GRAFCET est représenté selon deux niveaux :

### II.6.1. GRAFCET niveau 1 : Spécifications fonctionnelles

- Représentation de la séquence de fonctionnement de l'automatisme sans se soucier de la technologie des actionneurs et des capteurs.
- Description littérale des actions et de la séquence de l'automatisme.

#### Exemple :

En appuyant sur le bouton poussoir et qu'il y a présence de produit, la déssacheuse automatique démarre pour remplir les silos de ce produit jusqu'à atteindre leur capacité maximale en poids. En même temps, le dépoussiéreur est également mis en marche. Une fois que le poids maximal est atteint, la déssacheuse et le dépoussiéreur s'arrêtent.

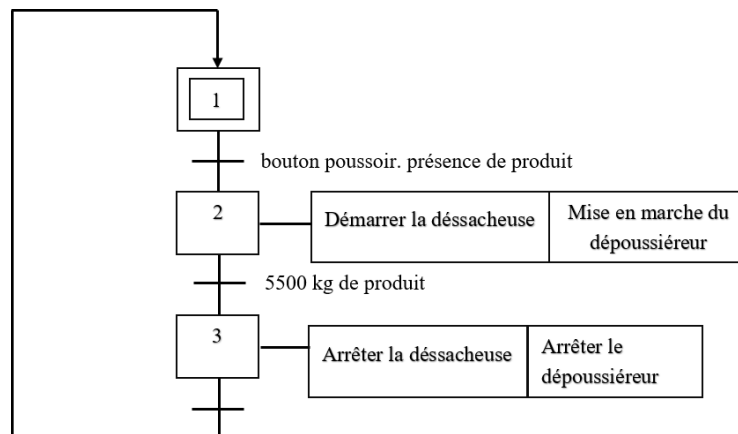


Figure II.11 : GRAFCET niveau 1.

### II.6.2. GRAFCET niveau 2 : Spécifications technologiques

- Prise en compte de la technologie des actionneurs et des capteurs.
- Description symbolique des actions et de la séquence de l'automatisme.

#### Exemple :

En appuyant sur le bouton poussoir (bp) et qu'il y a présence de produit SA (cpp), la déssacheuse automatique(MD) démarre pour remplir les silos de ce produit jusqu'à atteindre leur capacité maximale en poids. En même temps, le dépoussiéreur (DEP) est également mis en marche. Une fois que le poids maximal est atteint, la déssacheuse (MD) et le dépoussiéreur (DEP) s'arrêtent.

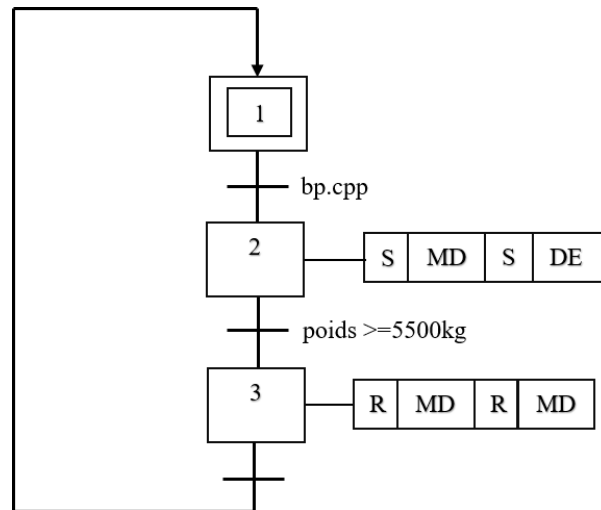


Figure II.12 : GRAFCET niveau 2.

### II.7. Cahier des charges :

- Initialement tous les silos et les bacs sont vides, les deux pompes, les vibreurs, les dépoussiéreurs, et la déssecheuse sont à l'arrêt et les vannes sont fermées.

#### Remplissage des silos :

- Appuyer sur le bouton poussoir (bp).
- Vérifier la présence de produit SA (cpp).
- Démarrage de la déssecheuse (MD) pour commencer le remplissage des silos et mise en marche le dépoussiéreur (DEP).
- Lorsque le silo est rempli est 100% :
- Arrêt de la déssecheuse (MD).
- Arrêt du dépoussiéreur (DEP).

#### Préparation de la solution :

- Vérifier la présence d'eau dans la conduite (pes).
- Ouvrir les vannes des bacs (VB) jusqu'à (vbo) pour les remplir, en s'assurant que les vannes de soutirage sont fermées (vsf).
- Lorsque le niveau des bacs atteint 40% : démarrer l'agitateur (AG), et ouvrir les vannes alvéolaires (VA).
- Lorsque le niveau des bacs atteint 50% : ouvrir les vannes à guillotines (VG) jusqu'à (vgo), activer les vibreurs (VIBREUR) des silos, et mettre en marche les dépoussiéreurs (DEP).

- Continuer le processus jusqu'à obtenir la quantité nécessaire selon la consigne du laboratoire.
- Fermer les vannes à guillotines (VG) jusqu'à (vgf), et désactiver les vibreurs (VIBREUR).
- Après 20 secondes : fermer les vannes alvéolaires (VA), et Arrêter les dépoussiéreurs (DEP).
- Lorsque le niveau des bacs atteint 80% : fermer les vannes des bacs (VB) jusqu'à (vbf).
- Lorsque la durée de la préparation, qui est d'environ une heure, est atteinte : arrêter l'agitateur (AG).

**Injection :**

Quand la solution est préparée nous commençons l'injection vers l'ouvrage d'arrivé.

L'injection se fait comme suit :

- Ouvrir la vanne de soutirage 1 (VS\_1) jusqu'au capteur (vso\_1).
- Ouvrir la vanne d'aspiration 1 (VAS\_P1) jusqu'à (vas\_o\_p1) et la vanne de refoulement 1 (VR\_P1) jusqu'à (vr\_o\_p1) en même temps pendant 2 secondes.
- Le capteur d'écoulement (cec\_p1) s'active pour mettre en marche la pompe 1 (PMP\_1) pendant 36 heures.
- Lorsque le niveau du bac 1 atteint 20% : fermer la vanne de soutirage 1 (VS\_1) jusqu'à (vsf\_1), et Ouvrir la vanne de soutirage 2 (VS\_2) jusqu'à (vso\_2).
- Lorsque le niveau du bac 2 atteint 20% : fermer la vanne de soutirage 2 (VS\_2) jusqu'à (vsf\_2), et Ouvrir la vanne de soutirage 3 (VS\_3) jusqu'à (vso\_3).
- Lorsque le niveau du bac 3 atteint 20% : fermer la vanne de soutirage 3 (VS\_3) jusqu'à (vsf\_3).
- Lorsque la pompe 1 (PMP\_1) atteint 24 heures : arrêt de la pompe 1, et une temporisation de 2 secondes s'active pour fermer la vanne d'aspiration 1 (VAS\_P1) et la vanne de refoulement 1 (VR\_P1).
- Ouvrir la vanne d'aspiration 2 (VAS\_P2) et la vanne de refoulement 2 (VR\_P2).
- Le capteur d'écoulement (cec\_p2) s'active pour mettre en marche la pompe 2 (PMP\_2) pendant 12 heures.

**II.8. GRAFCET de l'installation :**

Nous avons utilisé le GRAFCET niveau 2, pour la modélisation de notre installation.

- Le GRAFCET principal :

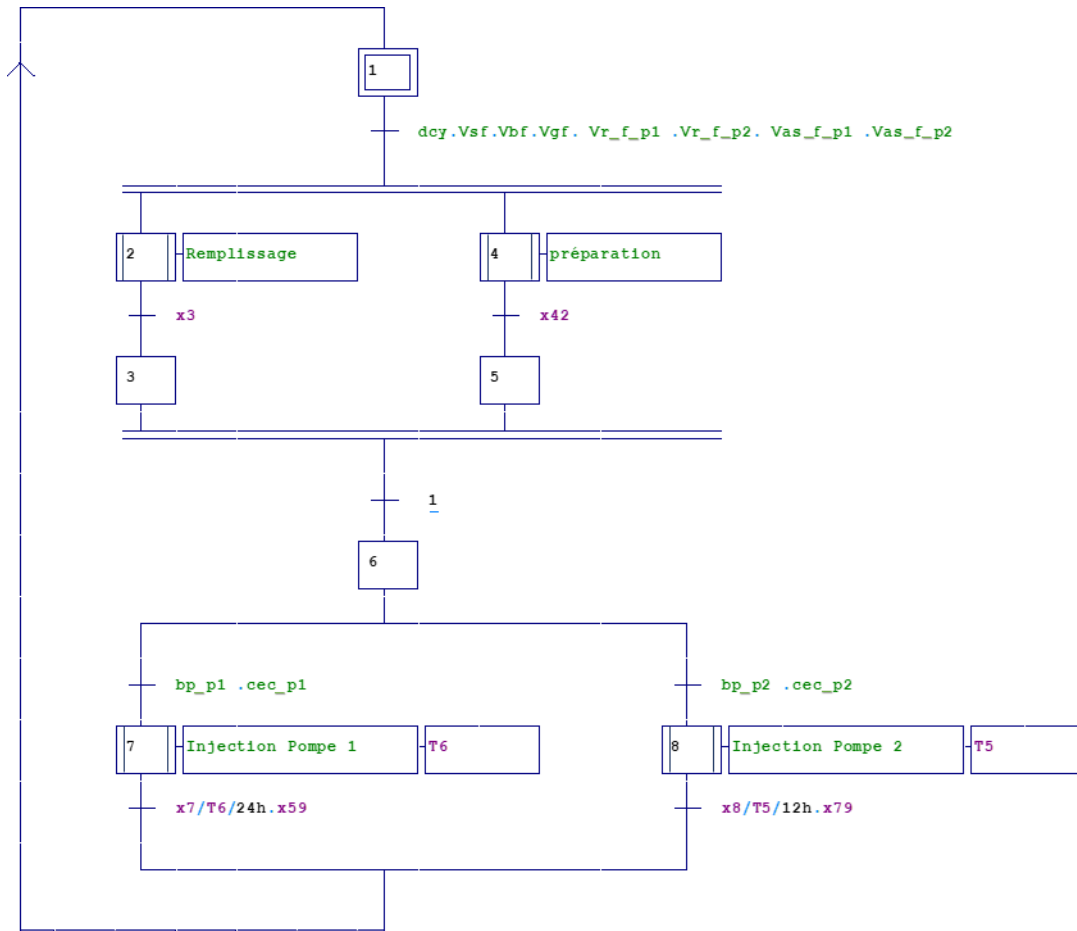


Figure II.13 : GRAFCET principal.

- Le GRAFCET de remplissage :

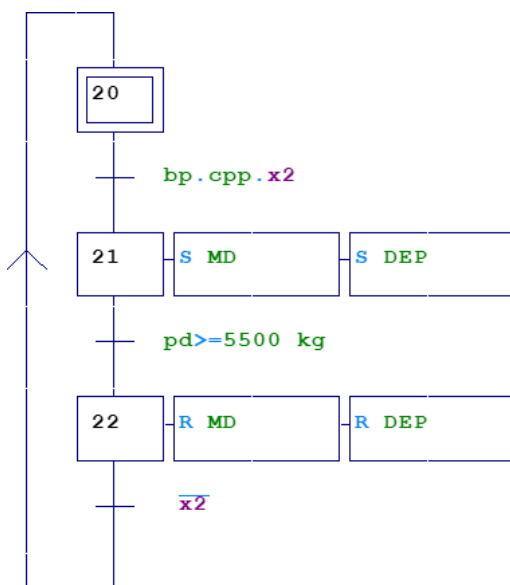


Figure II.14 : GRAFCET de remplissage.

- Le GRAFCET de préparation :

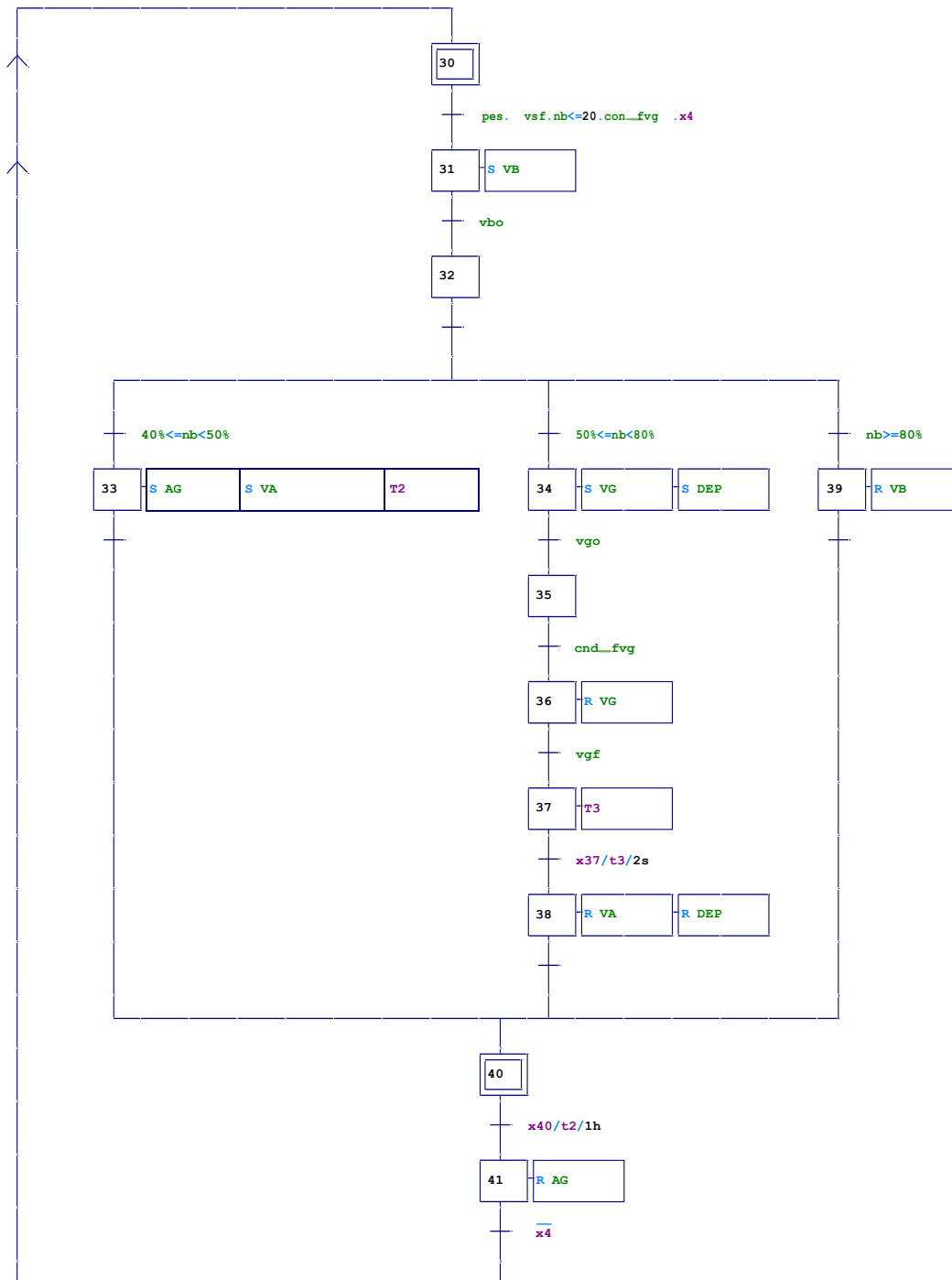


Figure II.15 : GRAFCET de préparation.

- Le GRAFCET d'injection par pompe 2 :

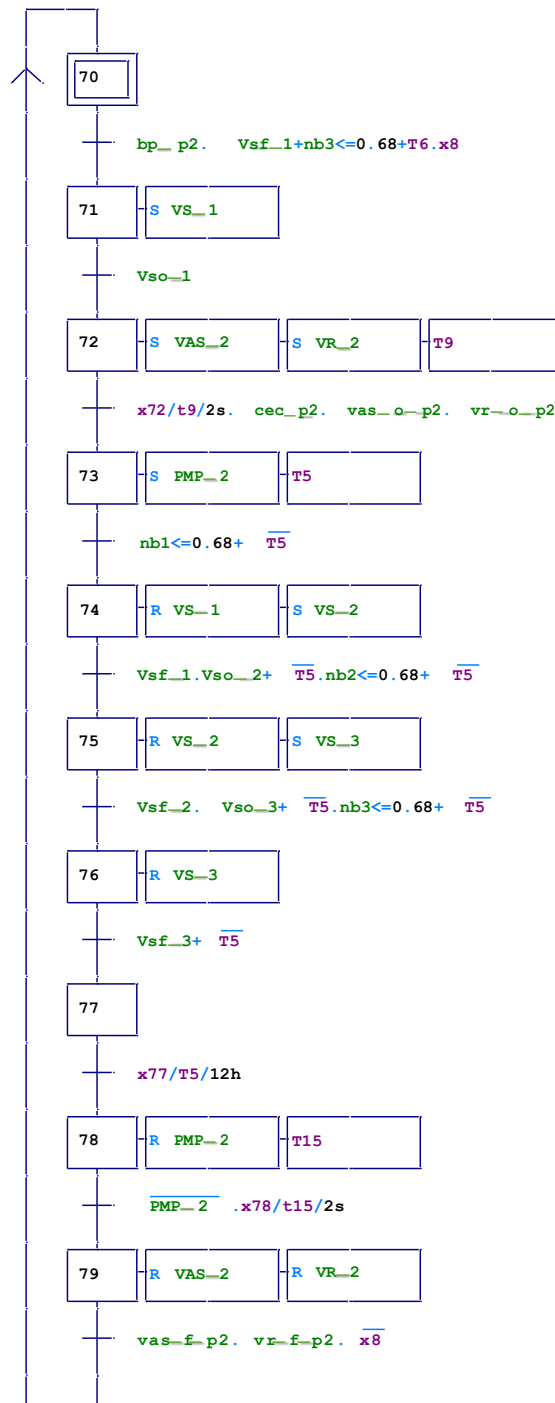


Figure II.16 : GRAFCET d'injection par pompe 2.

- Le GRAFCET d'injection par pompe 1 :

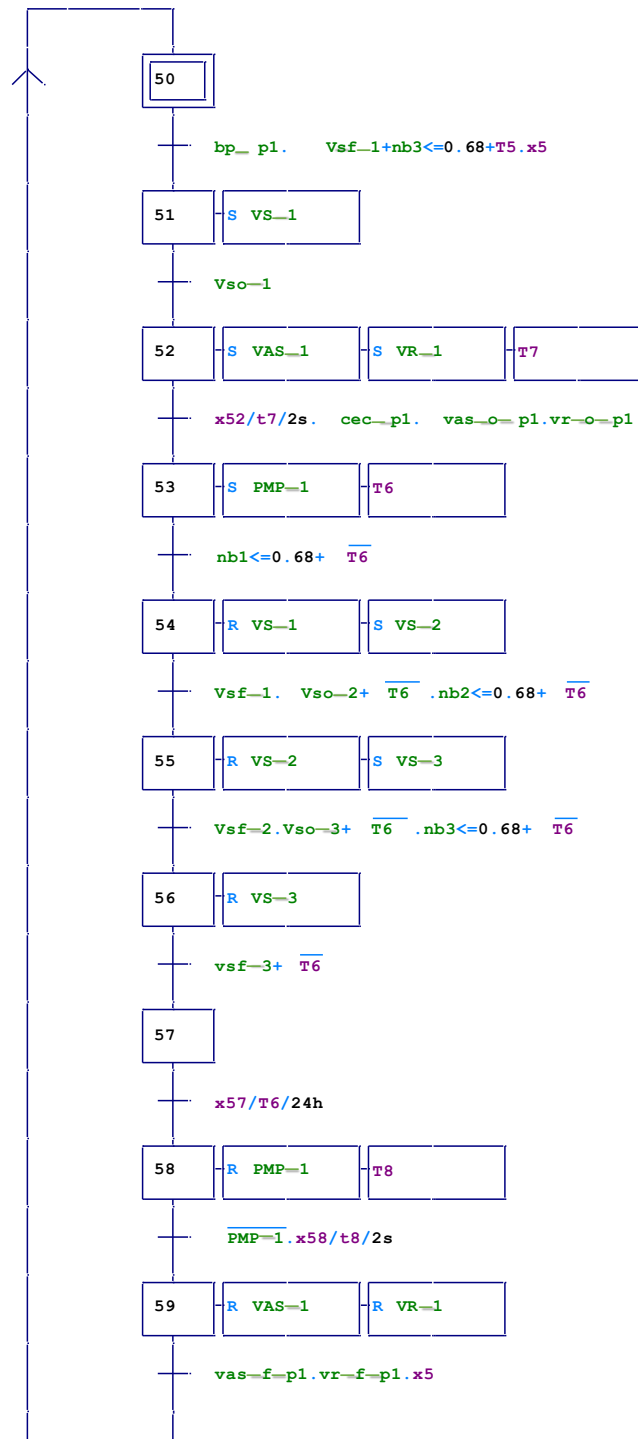


Figure II.16 : GRAFCET d'injection par pompe 1.

- **Tableau.1** : Les entrées de la partie remplissage :

Symbole	Signification
Bp	Bouton poussoir
cpp	Capteur de pressions de produit
Pd	Capteur de pesage analogique pour les silos

- **Tableau.2** : Les sorties de la partie remplissage :

Symbole	Signification
MD	Moteur des déssacheuses
DEP	Les dépoussiéreurs

- **Tableau.3** : Les entrées de la partie préparation :

Symbole	Signification
Pes	Pression d'eau servisse
Vsf	Les vannes des soutirages fermés
Nb	Capteur de niveau analogique pour les bacs
vbo	Les vannes des bacs ouverts
Con_ovg	Condition d'ouverture les vanne à guillotines
Vgo	Les vannes à guillotines ouvertes
Con_fvg	Condition de la fermeture les vannes à guillotines
vfg	Les vannes à guillotines fermés
vbf	Les vannes des bacs fermés

- **Tableau.4** : Les sorties de la partie préparation :

Symbole	Signification
VB	Les Vanne des bacs
AG	Les agitateurs
VA	Les vannes d'alvéolaire
VG	Les vannes à guillotines
DEP	Les dépoussiéreurs

- **Tableau.5** : Les entrées de la partie d'injection 1 et 2 :

Symbole	Signification
bp1	Bouton pompe_1
bp2	Bouton pompe_2
cec_p2	Capteur d'écoulement pompe2
cec_p1	Capteur d'écoulement pompe1
vsf_1	Vanne de soutirage_1 fermée
vso_1	Vanne de soutirage_1 ouverte
vsf_2	Vanne de soutirage_2 fermée
vso_2	Vanne de soutirage_2 ouverte
vsf_3	Vanne de soutirage_3 fermée
vso_3	Vanne de soutirage_3 ouverte
nb 1	Capteur de niveau analogique de bac_1
nb 2	Capteur de niveau analogique de bac_2
nb 3	Capteur de niveau analogique de bac_3
vas_o_p1	Vanne d'aspiration pompe_1 ouverte
vr_o_p1	Vanne de refoulement pompe_1 ouverte
vas_f_p1	Vanne d'aspiration pompe_1 fermée
vr_f_p1	Vanne de refoulement pompe_1 fermée
vas_o_p2	Vanne d'aspiration pompe_2 ouverte
vr_o_p2	Vanne de refoulement pompe_2 ouverte
vas_f_p2	Vanne d'aspiration pompe_2 fermée
vr_f_p2	Vanne de refoulement pompe_2 fermée

- **Tableau.6** : Les sorties de la partie d'injection 1 et 2 :

<b>Symbole</b>	<b>Signification</b>
VS_1	Vanne de soutirage_1
VS_2	Vanne de soutirage_2
VS_3	Vanne de soutirage_3
VAS_1	Vanne d'aspiration de pompe_1
VR_1	Vanne de refoulement de pompe_1
VAS_2	Vanne d'aspiration de pompe_2
VR_2	Vanne de refoulement de pompe_2
PMP_1	Pompe_1
PMP_2	Pompe_2

## **II.9. Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'outil GRAFCET et rappelé quelques notions de base, qui nous a permis de traduire le cahier des charges pour mieux modéliser le fonctionnement de l'installation de SA, qui nous permet le passage facilement à la programmation.

Dans le chapitre suivant, nous allons décrire l'automate programmable industrielle (API) et aborder la programmation à l'aide du STEP7.

**CHAPITRE III :**  
**AUTOMATISATION**  
**DE L'INSTALLATION**  
**DUSULFATE**  
**D'ALUMINE**

**III.1. Introduction :**

L'Automate Programmable Industriel (API) est aujourd'hui le constituant de base de la plupart des automatismes. On le trouve dans tous les secteurs de l'industrie, car il répond à tous les besoins d'adaptation et de flexibilité pour un grand nombre d'opérations.

Dans ce chapitre, nous allons présenter les automates programmables industrielles (API). Nous nous intéresserons, également à la gamme de produits SIMATIC proposée par SIEMENS dans le cadre de l'automatisation de l'industrie en général, et plus spécialement à l'automate programmable industriel S7-300.

**III.2. Définition des automates programmables industriels(API) :**

Un Automate Programmable Industriel, ou API (en anglais programmable logic controller, PLC), est un dispositif électronique programmable destiné à la commande de processus industriels par un traitement séquentiel. Il envoie des ordres vers les pré-actionneurs à partir de données d'entrées (capteurs), de consignes et d'un programme informatique [14].

Les données d'entrées peuvent être de type tout ou rien, analogique ou bien numérique.

**III.3. Principe et fonctionnement des automates programmables :**

L'automate programmable reçoit des données par ses entrées, celles-ci sont ensuite traitées par un programme défini, le résultat obtenu étant délivré par ses sorties. Ce cycle de traitement est toujours le même, quel que soit le programme, néanmoins le temps d'un cycle d'API varie selon la taille du programme et la puissance de l'automate.

**III.4. Architecture des automates programmables :**

Les automates programmables sont composés de :

- 1- Un module d'unité centrale ou CPU, qui assure le traitement de l'information et la gestion de l'ensemble des unités. Ce module comporte un microprocesseur, des circuits périphériques de gestion des entrées/sorties, des mémoires RAM et EEPROM nécessaire pour le stockage des programmes, des données, et des paramètres de configuration du système.
- 2- Un module d'alimentation, qui à partir d'une tension 220V ou dans certains cas de 24V (alimentation externe).
- 3- Des modules d'entrées TOR (Tout Ou Rien), numérique ou analogiques pour l'acquisition des informations provenant de la partie opérative.

- 4- Des modules de sorties TOR, numérique ou analogiques pour transmettre à la partie opérative les signaux de commande.
- 5- Des modules de communication comprenant :
  - Des interfaces pour assurer l'accès à un bus de terrain.
  - Des interfaces d'accès à un réseau [15].



**Figure III.1 :** L'automate programmable.

### **III.5. Critères de choix d'un automate :**

Le choix d'un API est fonction de la partie commande à programmer. On doit tenir compte de plusieurs critères :

- Le nombre d'entrées/sorties ;
- Le type des entrées/sorties (TOR, analogique, numérique, etc...) ;
- Modules d'extension pour augmenter les entrées/sorties si nécessaire ;
- Type de processus : la taille mémoire, la vitesse de traitement ;
- La communication avec les autres systèmes ;
- Choix de la société ou d'un groupe et les contacts commerciaux.

### **III.6. Siemens Simatic S7-300 :**

#### **III.6.1. Présentation d'automate :**

Le S7-300 est un automate modulaire d'une gamme excellente des produits SIMENS, il est synonyme de la nouvelle technologie des automates programmables. Le S7-300 est utilisé dans presque toutes les branches de l'industrie où les applications les plus variées. Sa modularité permet de réaliser des fonctions d'automatisations les plus diverses à partir des différents modules :

- Module d'alimentation (PS) ;
- Module de signaux (SM) pour les entrées et les sorties TOR et analogique ;
- Module d'extension (IM) pour la configuration ;
- Module de fonction (FM) pour fonction spéciale [16].

**III.6.2. Les avantages de l'automate :**

L'automate programmable SIMATIC S7-300 de Siemens offre plusieurs avantages, qui font un choix populaire dans l'industrie pour l'automatisation de processus et de systèmes. Voici les principaux avantages du S7-300 :

- Extension facile : La conception modulaire du S7-300 permet d'ajouter ou de remplacer facilement des modules d'entrées/sorties, de communication et de fonctions spécifiques selon le besoin.
- Vitesse de traitement : Les CPU du S7-300 offrent des vitesses de traitement adaptées aux applications nécessitant une réponse rapide et une haute précision.
- Protocole de communication : Supporte divers protocoles de communication (Profibus, Profinet, Modbus, etc...), permettant une connexion facile avec d'autres dispositifs et systèmes.
- Langages de programmation : Supporte plusieurs langages de programmation tels que Ladder Logic (CONT), Diagrammes de blocs fonctionnels (LOG), Texte structuré (LIST), ce qui permet aux ingénieurs de choisir le langage le plus adapté à leur application.

**III.7. Programmation de l'automate SIEMENS S7-300 :****III.7.1. Description du logiciel STEP 7 :**

STEP 7 est un logiciel de programmation développé par Siemens pour la configuration et la programmation des automates programmables industriels (API) de la gamme SIMATIC, tels que les S7-300 et S7-400. Il est l'un des outils principaux utilisés pour le développement des applications d'automatisation industrielle.

**III.7.2. Langages de programmation :**

STEP7 permet l'accès de base aux automates SIEMENS, il permet de programmer individuellement un automate en différents langages :

**III.7.2.1. Langage LADDER(CONT) :**

Il s'agit d'un langage de programmation graphique largement utilisé dans l'automatisation industrielle. Il ressemble à un schéma électrique avec des contacts, des bobines et des relais.

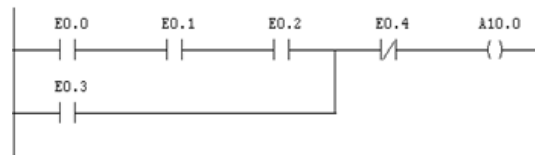


Figure III.2 : Langage LADDER.

III.7.2.2. Langage LOG :

Le langage LOG " langage logique " est un langage graphique, également, utilisé pour la réalisation programmée des schémas à contact.

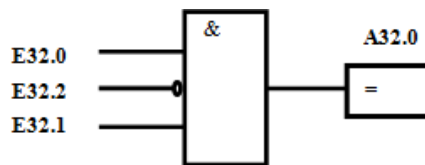


Figure III.3 : Langage logique.

III.7.2.3. Langage liste (LIST) :

Un langage de programmation basé sur le texte, similaire à l'assembleur, qui représente les instructions sous forme de texte structuré.

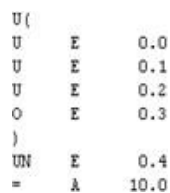


Figure III.4 : Langage LIST.

- ✓ Pour automatiser notre installation nous avons choisi le langage LADDER pour la programmation car il est facile à comprendre et rapide à programmer.

III.7.3. Les blocs du programme utilisateur : [16]

Dans STEP 7 nous travaillons principalement avec différents types de blocs de programmation. Voici les principaux blocs :

**Blocs d'organisations (OB) :** Le OB constitue l'interface entre le système d'exploitation et le programme utilisateur, Il gère le traitement du programme cyclique, ainsi que le comportement de la mise en marche de l'automate et le traitement des erreurs. L'exécution d'un OB peut être interrompue par l'appel d'un autre bloc OB.

Il existe plusieurs blocs d'organisation dont OB1 où nous avons fait notre programme principal :

- **OB1** : Le bloc d'organisation OB1 sert à l'exécution cyclique du programme utilisateur. Nous programmons dans celui-ci des appels correspondants aux blocs fonctionnels FB et aux fonctions FC.

**Fonctions (FC)** : Les fonctions FC sont des blocs sans mémoire, elles sont programmées par l'utilisateur, elles contiennent des routines de programmes pour les fonctions fréquemment utilisées. Les fonctions peuvent faire appel à des blocs globaux pour la sauvegarde des données.

Pour faciliter de la programmation, nous avons partagé le programme en 5 fonctions FC, que nous regroupons sous une solution structurée dans OB1 comme l'indique la figure III.7

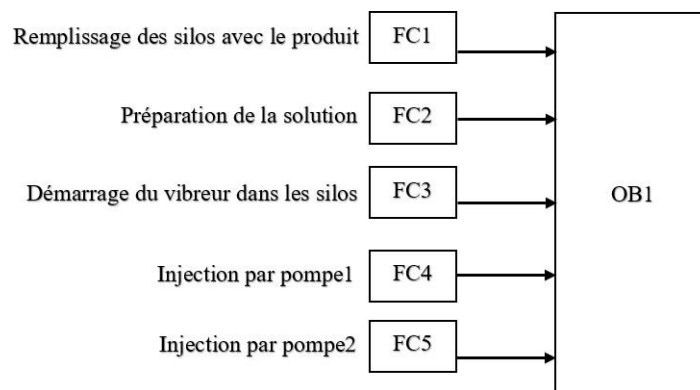


Figure III.5 : Le bloc d'organisation OB1.

**Blocs fonctions (FB)** : Les blocs fonctionnels sont des blocs de code qui mémorisent durablement leurs paramètres d'entrée, de sortie et d'entrée/sortie dans des blocs de données d'instance afin qu'il soit possible d'y accéder même après le traitement de blocs. C'est pourquoi ils sont également appelés " blocs avec mémoire".

**Blocs de données (DB)** : Le bloc de donnée est utilisé pour stocker des données, telles que des variables, des tableaux, des structures de données, etc. Il peut être aussi utilisé pour stocker des informations temporaires ou des paramètres de configuration.

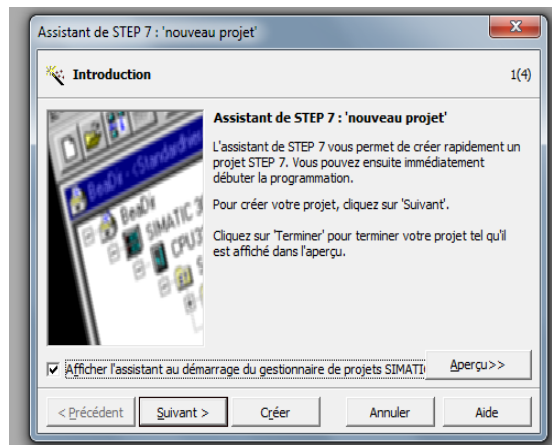
#### III.7.4. Création d'un projet :

Pour créer un projet STEP 7 nous avons le choix de commencer par la configuration matérielle ou bien par la création de programme.

Voici les étapes à suivre pour créer un nouveau projet STEP 7 :

- 1- Double clic sur l'icône SIMATIC Manager qui lance l'assistant Step7.
- 2- Une fenêtre s'apparait, elle permet la création d'un nouveau projet.

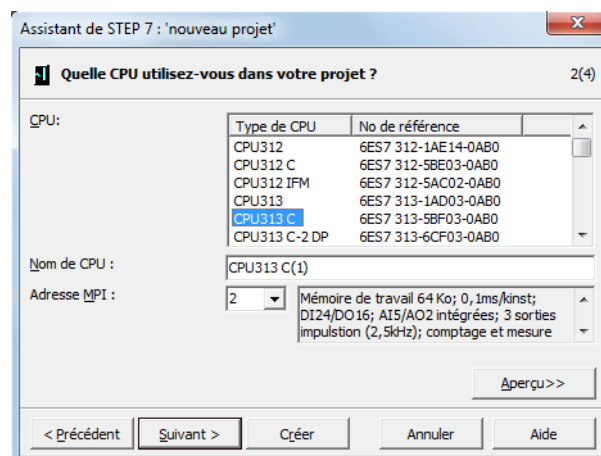




**Figure III.6 :** Fenêtre de création d'un nouveau projet.

3- En cliquant sur l'icône "suivant", une autre fenêtre s'ouvre qui permet de choisir la CPU avec laquelle nous voulons travailler.

Dans notre cas, nous avons choisi la CPU 313C.



**Figure III.7 :** Choix de la CPU.

4- Après avoir choisi la CPU qui convient, nous cliquons sur l'icône suivante, une autre fenêtre s'ouvre qui nous permet de choisir le bloc et le langage de programmation (LIST, LOG et CONT).

Dans notre cas, nous avons choisi le bloc OB1 et le langage CONT.

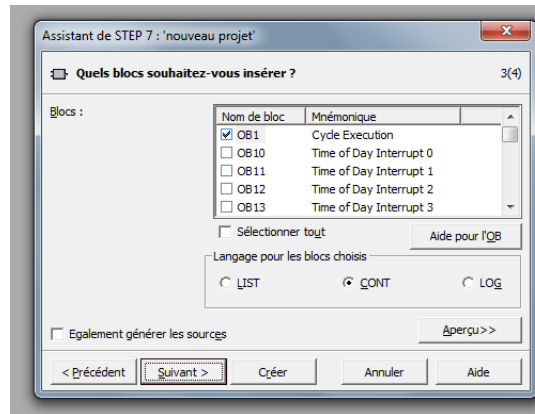


Figure III.8 : Choix du bloc et langage de programmation.

5- En cliquant sur l'icône suivant, une autre fenêtre s'ouvre qui nous permet de nommer notre projet. Nous avons donné le nom suivant pour notre projet : « S7-PFE1 ».

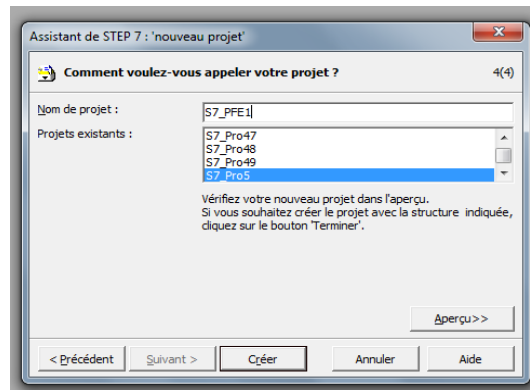


Figure III.9 : Nom du projet.

6- Nous cliquant sur créer, une fenêtre s'ouvre où nous trouvons notre programme.

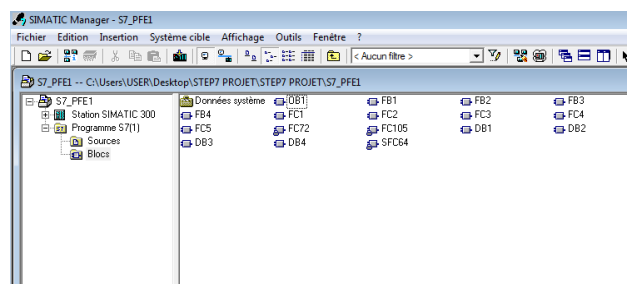


Figure III.10 : Fenêtre des cycles d'exécution et des fonctions.

### III.7.5. Configuration matérielle :

La configuration matérielle est une étape très importante pour la programmation. Elle consiste le choix et la validation de la CPU comme le montre la figure si dessous.

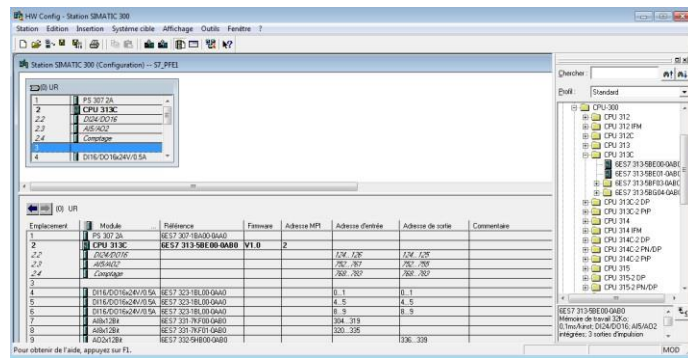


Figure III.11 : Configuration matérielle de notre programme.

**Caractéristique de la configuration matérielle utilisée :**

Suivant les entrées /sortie de la station et le type de ces derniers, le choix des modules s’est porté sur :

Unité centrale : CPU 313 – 6ES7 313-1AD00-0AB0.

Mémoire de travail : 12 Ko ; 0.6ms/Kinst.

Alimentation : PS 307 /2A.

Module d’entrée/sorties : on dispose de 40 entrées numériques, 6 entrées analogiques et de 36 sorties numériques qui nous imposent de choisir :

Trois modules numériques d’entrées/sorties de 16 bit de 24 V et 0.5A (Module : DI16/DO16x24V/0.5A).

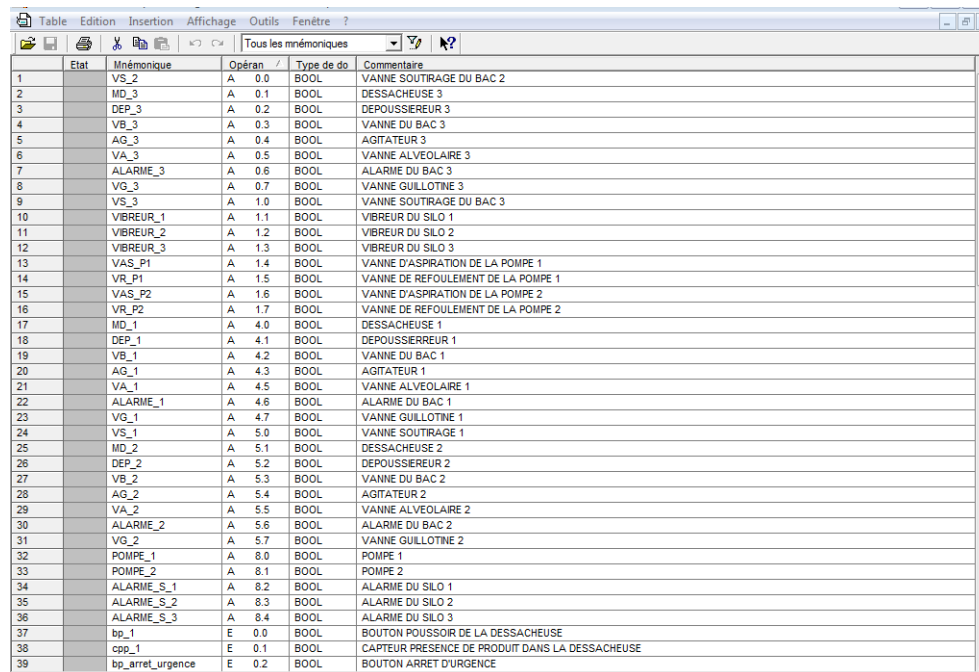
Trois modules d’entrées analogiques de type de : AI2x12Bit.

**III.7.6. Table des Mnémoniques :**

Cette étape consiste à faire la déclaration des entrées/sorties du programme

Nous avons utilisé des mnémoniques pour améliorer la lisibilité et la clarté de notre programme. Pour cela nous avons créé une table des mnémoniques permettant d'associer des noms à des adresses de données globales ainsi qu'à des commentaires. Accessibles depuis tous les blocs, ces mnémoniques peuvent représenter des éléments tels que des mementos (M), des entrées (E), des sorties (A). Pour créer cette table, nous avons suivi les étapes suivantes : Insérer nouvel objet, table des mnémoniques. On édite la table des mnémoniques en respectant notre cahier de charges, pour les entrées et les sorties.

La figure suivante représente une partie de la table des mnémoniques de notre programme :



Etat	Mnémonique	Opéran	Type de do	Commentaire
1	VS_2	A 0.0	BOOL	VANNE SOUTRAGE DU BAC 2
2	MD_3	A 0.1	BOOL	DESSACHEUSE 3
3	DEP_3	A 0.2	BOOL	DEPOUSSIEREUR 3
4	VB_3	A 0.3	BOOL	VANNE DU BAC 3
5	AG_3	A 0.4	BOOL	AGITATEUR 3
6	VA_3	A 0.5	BOOL	VANNE ALVEOLAIRE 3
7	ALARME_3	A 0.6	BOOL	ALARME DU BAC 3
8	VG_3	A 0.7	BOOL	VANNE GUILLOTINE 3
9	VS_3	A 1.0	BOOL	VANNE SOUTRAGE DU BAC 3
10	VIBREUR_1	A 1.1	BOOL	VIBREUR DU SILO 1
11	VIBREUR_2	A 1.2	BOOL	VIBREUR DU SILO 2
12	VIBREUR_3	A 1.3	BOOL	VIBREUR DU SILO 3
13	VAS_P1	A 1.4	BOOL	VANNE D'ASPIRATION DE LA POMPE 1
14	VR_P1	A 1.5	BOOL	VANNE DE REFOULEMENT DE LA POMPE 1
15	VAS_P2	A 1.6	BOOL	VANNE D'ASPIRATION DE LA POMPE 2
16	VR_P2	A 1.7	BOOL	VANNE DE REFOULEMENT DE LA POMPE 2
17	MD_1	A 4.0	BOOL	DESSACHEUSE 1
18	DEP_1	A 4.1	BOOL	DEPOUSSIEREUR 1
19	VB_1	A 4.2	BOOL	VANNE DU BAC 1
20	AG_1	A 4.3	BOOL	AGITATEUR 1
21	VA_1	A 4.5	BOOL	VANNE ALVEOLAIRE 1
22	ALARME_1	A 4.6	BOOL	ALARME DU BAC 1
23	VG_1	A 4.7	BOOL	VANNE GUILLOTINE 1
24	VS_1	A 5.0	BOOL	VANNE SOUTRAGE 1
25	MD_2	A 5.1	BOOL	DESSACHEUSE 2
26	DEP_2	A 5.2	BOOL	DEPOUSSIEREUR 2
27	VB_2	A 5.3	BOOL	VANNE DU BAC 2
28	AG_2	A 5.4	BOOL	AGITATEUR 2
29	VA_2	A 5.5	BOOL	VANNE ALVEOLAIRE 2
30	ALARME_2	A 5.6	BOOL	ALARME DU BAC 2
31	VG_2	A 5.7	BOOL	VANNE GUILLOTINE 2
32	POMPE_1	A 8.0	BOOL	POMPE 1
33	POMPE_2	A 8.1	BOOL	POMPE 2
34	ALARME_S_1	A 8.2	BOOL	ALARME DU SILO 1
35	ALARME_S_2	A 8.3	BOOL	ALARME DU SILO 2
36	ALARME_S_3	A 8.4	BOOL	ALARME DU SILO 3
37	bp_1	E 0.0	BOOL	BOUTON POUSSOIR DE LA DESSACHEUSE
38	cpp_1	E 0.1	BOOL	CAPTEUR PRESENCE DE PRODUIT DANS LA DESSACHEUSE
39	bp_arret_urgence	E 0.2	BOOL	BOUTON ARRET D'URGENCE

Figure III.12 : La table des mnémoniques.

### III.8. Simulation du programme avec S7-PLCSIM :



Après avoir créé un programme sous STEP7, la prochaine étape consiste à vérifier son bon fonctionnement avant de le charger dans (API). Cette vérification se fait en utilisant le logiciel de simulation S7-PLCSIM.




#### III.8.1. Définition :

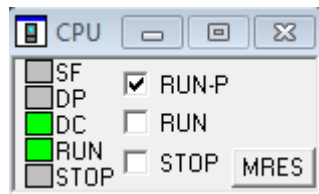
Le S7-PLCSIM est un logiciel inclus dans l'atelier logiciel Step7 professionnel. Il permet de simuler et de tester des programmes destinés aux CPU S7-300 et CPU S7-400. La simulation dans S7-PLCSIM permet de détecter et de corriger les erreurs potentielles avant de charger le programme dans un automate réel, assurant ainsi une mise en service plus fiable et efficace. [17]


#### III.8.2. Les étapes de simulation d'un programme :

Voici les étapes à suivre pour lancer le simulateur S7-PLCSIM :

1. Activer la simulation en cliquant sur l'icône  d'activation/désactivation la simulation.
2. En cliquant sur PLC pour choisir le type de PLC, nous avons choisi : PLCSIM(MPI).
3. Charger le programme dans la CPU de simulation en cliquant sur l'icône  de chargement.
4. Configure la simulation :

- Créer une fenêtre permettant l'accéder aux variables d'entrée et sorties du programme de fonctionnement. En cliquant sur l'icône  pour afficher une fenêtre de module d'entrée E. En cliquant sur l'icône  pour afficher une fenêtre de module de sortie A. En cliquant sur l'icône  pour afficher une fenêtre des mémentos.
- Mettre la simulation en marche en cliquant sur RUN-P



7- Pour exécuter et visualiser le programme, en cliquant sur l'icône **Visualisation du programme** , après avoir charger le programme, on coche la case **RUN-P** de la CPU pour la mettre en marche et démarrer ainsi le cycle de l'exécution du programme.

### III.8.3. Exemple de Simulation :

Nous allons simuler une partie de notre programme.

- Démarrage de la dessacheuse (MD\_1) : La dessacheuse se démarre lorsqu'on appuie sur le bouton poussoir (bp\_1) et que la présence de produit (cpp\_1) est vérifiée.

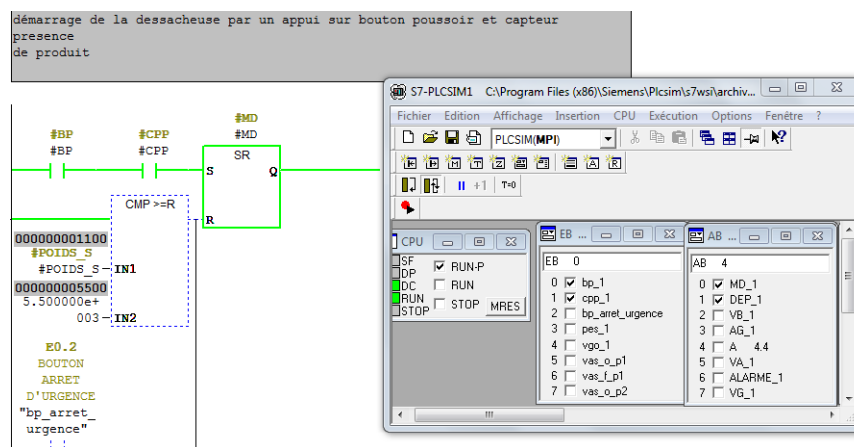


Figure III.13 : La mise en marche de la dessacheuse.

- Arrêt de la dessacheuse (MD\_1) : La dessacheuse s'arrête lorsque le poids dans le silo atteint 5500 kg.

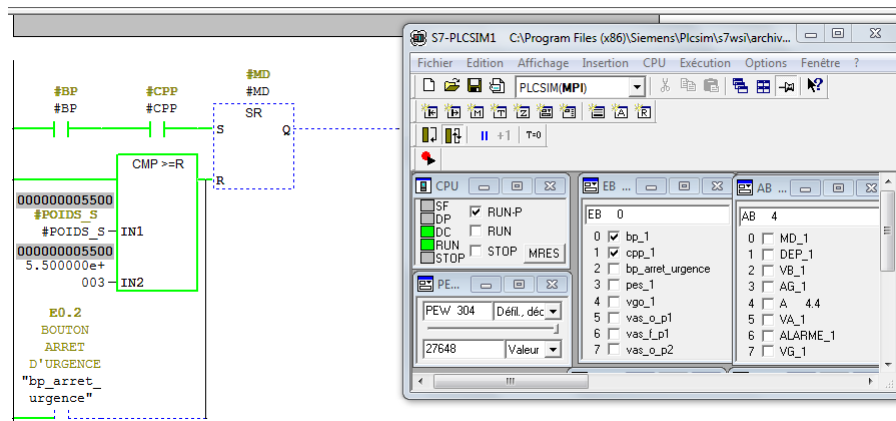


Figure III.14 : L'arrêt de la déssacheuse.

- Ouverture de la vanne à guillotine (VG\_1) : La vanne à guillotine (VG\_1) s'ouvre lorsque sa condition d'ouverture (Con\_OVG\_1) est vérifiée (la quantité de produit "sulfate d'alumine" dans le silo doit être supérieure à la quantité nécessaire pour la préparation), et que le niveau d'eau dans le bac est entre 50% <math>50\% \leq nb1 < 80\%</math>.

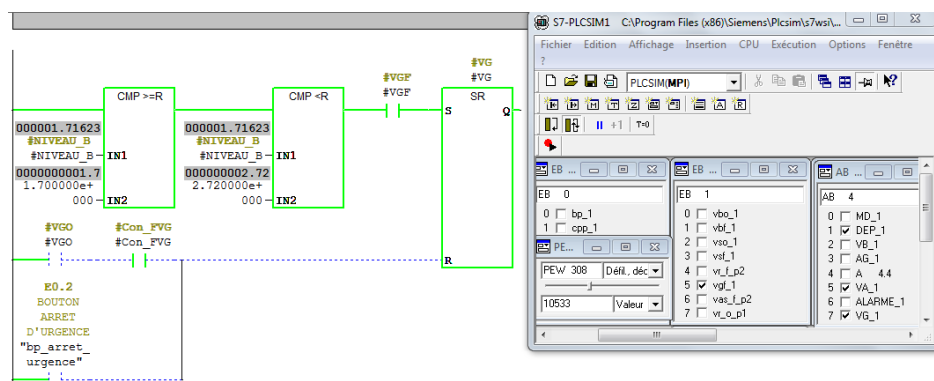


Figure III.15 : L'ouverture de la vanne à guillotine.

- Fermeture de la vanne à guillotine (VG\_1) : La vanne à guillotine (VG\_1) se ferme lorsque sa condition de fermeture (Con\_FVG\_1) est vérifiée (après avoir alimenté le bac de la quantité nécessaire de produit SA).

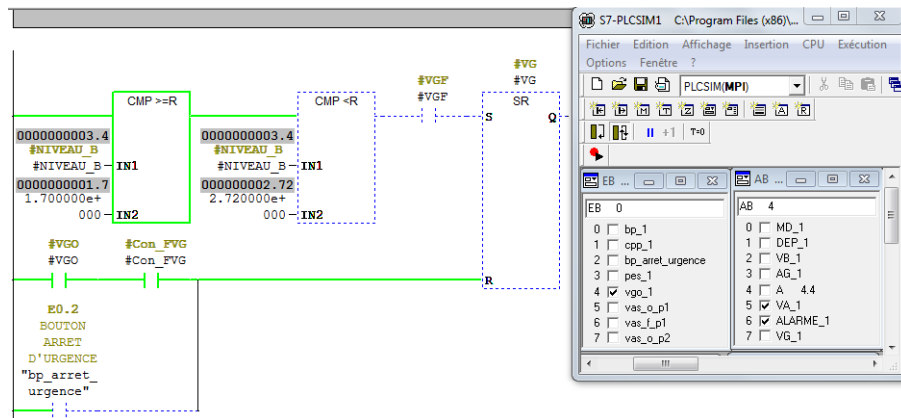


Figure III.16 : La fermeture de la vanne à guillotine.

- Activation de la pompe (POMPE\_1) : En appuyant sur le bouton poussoir (bp\_p1) pour sélectionner la pompe (POMPE\_1). La pompe (POMPE\_1) s'active lorsque la vanne d'aspiration (vas\_p1) et la vanne de refoulement (vr\_p1) sont ouvertes, et que le capteur d'écoulement de la pompe (cec\_p1) doit être actif.

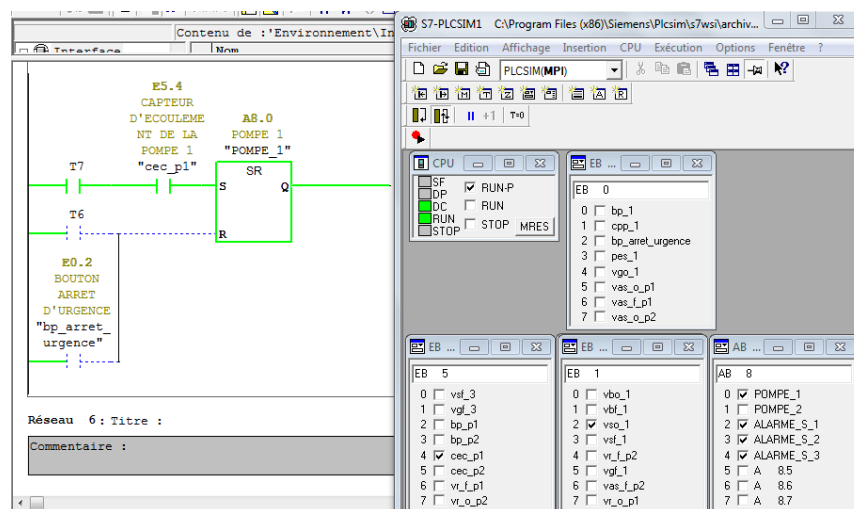


Figure III.17 : L'activation de la pompe1.

- Désactivation de la pompe (POMPE\_1) : La pompe (POMPE\_1) se désactive après avoir fonctionné pendant 24 heures.

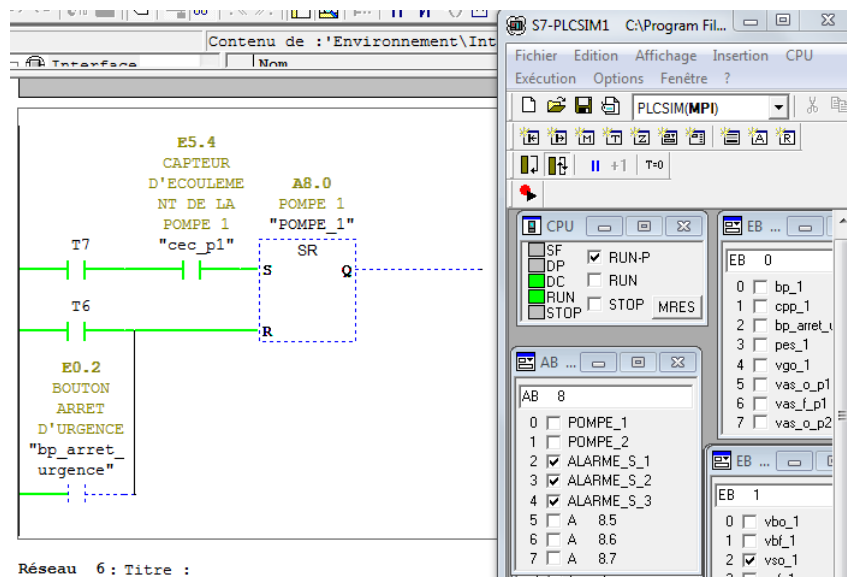


Figure III.18 : La désactivation de la pompe1.

### III.9. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté des généralités sur les automates programmables industriels (API). Ensuite, nous allons décrire l'API S7 300 que nous avons adopté pour le pilotage de notre installation du sulfate d'alumine, ainsi que son logiciel de programmation SIEMENS Step7 avec lequel nous avons réalisé notre programme. En fin, nous avons effectué la simulation de notre programme avec le logiciel S7-PLCSIM.

Dans le chapitre suivant, nous allons élaborer la supervision avec WinCC flexible pour visualiser l'évolution de notre installation.

**SUPERVISION**

**IV.1. Introduction :**

Les systèmes industriels sont devenus de plus en plus intelligents et complexes, entraînant une augmentation des besoins en surveillance et en contrôle de divers périphériques dans les usines. Pour répondre à ces exigences croissantes, les systèmes de supervision ont été développés et améliorés, offrant des solutions plus avancées pour gérer efficacement ces environnements complexes.

Dans ce chapitre, nous allons réaliser un système de supervision pour l'installation du sulfate d'alumine à l'aide d'un logiciel de supervision qui est WinCC flexible.

**IV.2. Généralité sur la supervision :****IV.2.1. Définition de la supervision :**

La supervision est une forme évoluée de dialogue Homme-Machine. Elle présente plusieurs avantages pour les processus industriels. Elle facilite à l'opérateur la surveillance de l'état de fonctionnement d'un procédé ainsi que son contrôle, dans la salle de contrôle [18].

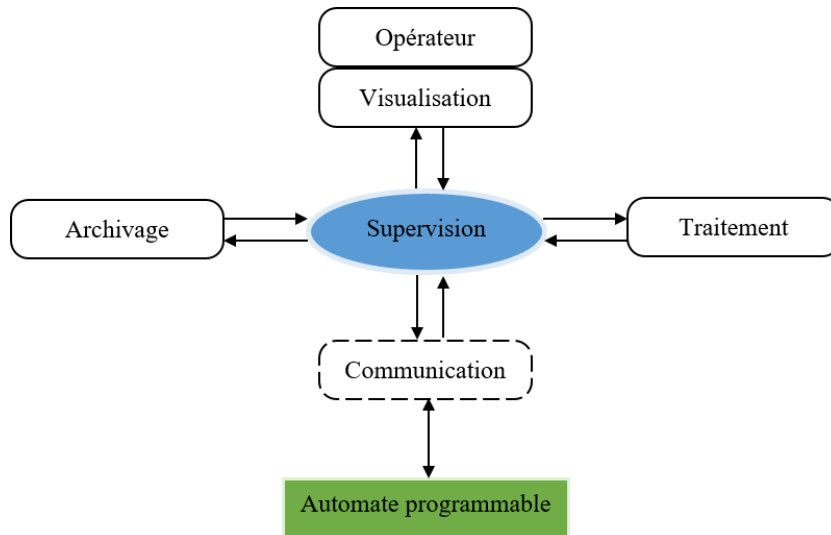
**IV.2.2. Avantage de la supervision :**

Un système de supervision donne de l'aide à l'opérateur dans la conduite des procédés industriels, son but est de présenter à l'opérateur des résultats expliqués et interprétés. Son avantage principal est :

- Surveiller les procédés industriels à distance.
- La détection des défauts.
- Le diagnostic et le traitement des alarmes.

**IV.2.3. Constitutions d'un système de supervision :**

La plus grande partie des systèmes de supervision se compose généralement d'un moteur central (logiciel) auquel se rattachent des données provenant des équipements (automate). Ce logiciel assure l'affichage, le traitement et l'archivage des données, ainsi que la communication avec d'autres périphériques [18].



**Figure IV.1 :** Constitution d'un système de supervision.

➤ **Module de visualisation :**

Il permet à l'opérateur la visualisation du procédé au cours de son fonctionnement.

➤ **Module d'archivage :**

Il mémorise les données pendant le déroulement du cycle, pour une longue période

➤ **Module de traitement :**

Il permet de mettre en forme les données afin de les présenter via le module de visualisation aux opérateurs sous une forme prédéfinie.

➤ **Module de communication :**

Assure l'acquisition et le transfert de données et gère la communication avec les API et d'autres périphériques.

### IV.2.3. Les interfaces Homme-Machine (IHM) :

Une interface homme-machine (IHM) est un dispositif ou un système qui permet la communication entre un utilisateur humain et une machine, souvent un ordinateur ou un dispositif électronique. Composée d'éléments tels que les écrans, claviers, dispositifs tactiles et vocaux, elle vise à rendre les interactions simples et efficaces, tout en minimisant les erreurs et optimisant la productivité.

**IV.3. Supervision sous WinCC flexible :****IV.3.1. Présentation du logiciel de supervision WinCC flexible :**

WinCC flexible (Windows Control Center) est un logiciel développé par SIEMENS pour la création et la gestion des Interfaces-Homme-Machine (IHM) et des systèmes de supervision. Il est utilisé principalement dans les domaines de l'automatisation industrielle, il permet aux utilisateurs de créer des écrans de contrôle personnalisés, de surveiller les équipements en temps réel, de configurer les alarmes et de générer des rapports de données. Ce logiciel est largement utilisé dans les environnements industriels pour améliorer l'efficacité et la fiabilité des processus automatisés [19].

**IV.3.2. Structure de WinCC flexible :**

WinCC flexible est constitué de deux logiciels de base :

**IV.3.2.1. WinCC flexible "Engineering System":**

WinCC flexible "Engineering System" est le logiciel avec lequel nous réalisons toutes les tâches de configuration requises. L'édition WinCC flexible détermine les pupitres opérateurs de la gamme SIMATIC IHM pouvant être configurés.

**IV.3.2.2. Win CC Flexible "Runtime" :**

Win CC flexible "Runtime" est le logiciel de visualisation de procédé. Dans "Runtime", nous exécutons le projet en mode procédé, et l'opérateur peut réaliser le contrôle-commande du procédé.

**IV.3.3. Création d'un projet WinCC :**

Les étapes principales à suivre pour la création de notre projet sous WinCC flexible sont :

➤ Au démarrage de WinCC flexible, une fenêtre s'ouvre, on appuie sur l'icône « créer un projet avec l'assistant de projet », qui se trouve dans l'interface principale de WinCC flexible, là où on intègre notre projet STEP7. La dernière étape consiste à nommer le projet. Notre projet a été nommé " projet\_fin\_d'études ".

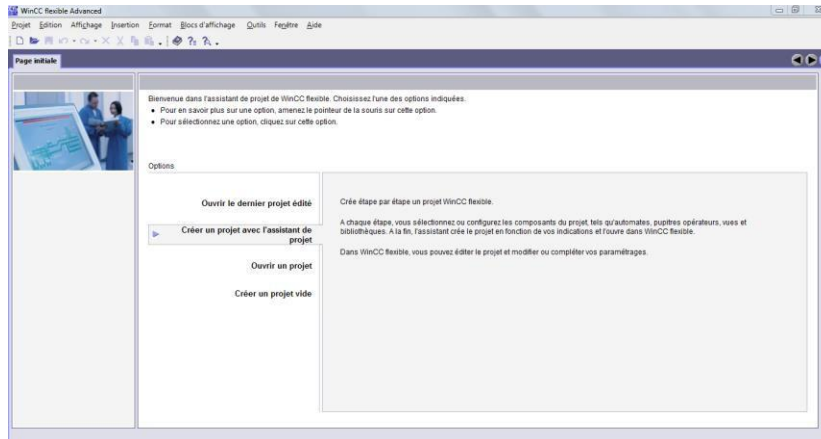


Figure IV.2 : Création d'un projet.

➤ Ensuite, nous passons à la sélection du pupitre opérateur, chacun ayant ses spécificités y compris des pupitres qui ne sont pas de constructeur SIEMENS, dans notre cas nous avons choisi «Multi Panel 270 10" Touch».

➤ Une fois le projet créé, la fenêtre suivante s'affiche :

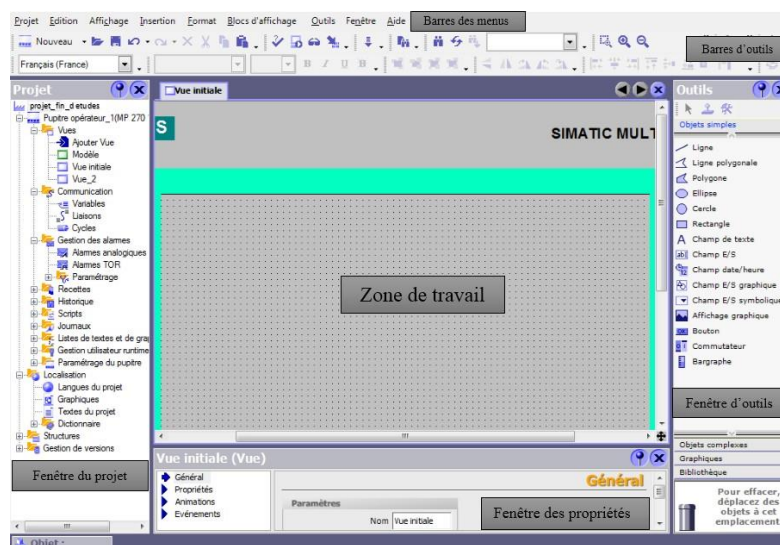


Figure IV.3 : Espace de travail WinCC flexible.

Constitution de l'interface de configuration de WinCC flexible :

- **Barre des menus :**

La barre des menus contient toutes les commandes nécessaires à l'utilisation de WinCC Flexible. Les raccourcis disponibles sont indiqués en regard de la commande du menu.

- **Barres d'outils :**

La barre d'outils permet d'afficher tout dont le programmeur à besoin.

- **Zone de travail :**

La zone de travail sert à configurer des vues, de façon qu'il soit le plus compréhensible par l'utilisateur, et très facile à manipuler et consulter les résultats.

- **Fenêtre d'outils :**

La fenêtre des outils propose un choix d'objets simples ou complexes qu'on insère dans les vues, par exemple des objets graphiques et éléments de commande.

- **Fenêtre du projet :**

La fenêtre du projet affiche tout les éléments et tout les éditeurs disponibles d'un projet qui peuvent être ouverts.

- **Fenêtre des propriétés :**

Le contenu de la fenêtre des propriétés dépend de la sélection actuelle dans la zone de travail, lorsqu'un objet est sélectionné, dans cette fenêtre on peut éditer les propriétés de l'objet en question.

#### IV.3.4. Communication WinCC/STEP 7 :

La communication entre WinCC et le projet STEP 7 déjà crée se fait par une liaison de type 'MPI' comme le montre dans la figure suivant.

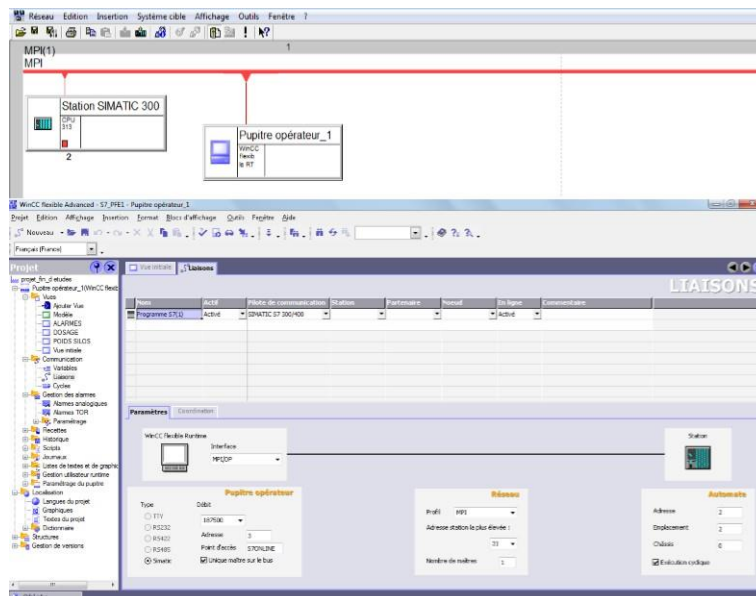


Figure IV.4 : Liaison MPI entre le WinCC et le projet STEP7.

**IV.3.5. Création des vues :**

Dans WinCC flexible, nous allons créer des vues pour le contrôle-commande de la machine étudiée. Pour créer des vues, nous disposons d'objets prédéfinis permettant de représenter notre installation, d'afficher des procédures et de définir des valeurs de processus.

**IV.3.6. Test et simulation du projet**

Après la création du projet, on doit compiler et simuler le projet avec le simulateur de WinCC flexible (WinCC flexible Runtime).

**IV.4. Plateforme de supervision d'installation du sulfate d'alumine :**

Pour élaborer la plateforme de supervision qui permet de contrôler et de commander notre installation, nous avons créé quatre vues données comme suite :

- ✓ Vue globale.
- ✓ Vue de poids silos.
- ✓ Vue de dosage.
- ✓ Vue d'alarme.

**IV.5. Description et aperçu des différentes vues :****IV.5.1. Vue initiale :**

Cette vue représente le schéma d'installation du sulfate d'alumine, avec trois silos, trois bacs et deux pompes.

- Nous pouvons lire le poids du SA dans les silos et le niveau d'eau dans les bacs.
- Nous pouvons connaître l'état des vannes : si une vanne est fermée, elle s'affiche en rouge, et si elle est ouverte, elle s'affiche en vert.
- Nous pouvons aussi vérifier si (les pompes, les vibreurs, les dépoussiéreurs, les agitateurs et la déssacheuse) sont en marche.

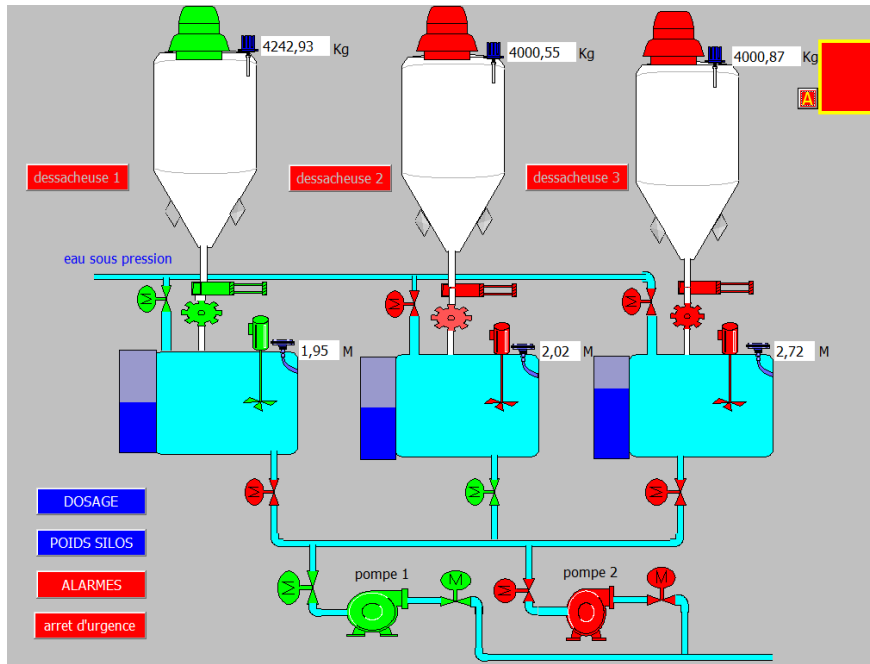


Figure IV.5 : Vue globale.

**IV.5.2. Vue de poids silos :**

Dans cette vue nous pouvons lire le poids du SA dans chaque silo (poids silos, poids nécessaire et le poids), afin de pouvoir commencer la préparation ou bien le remplissage.

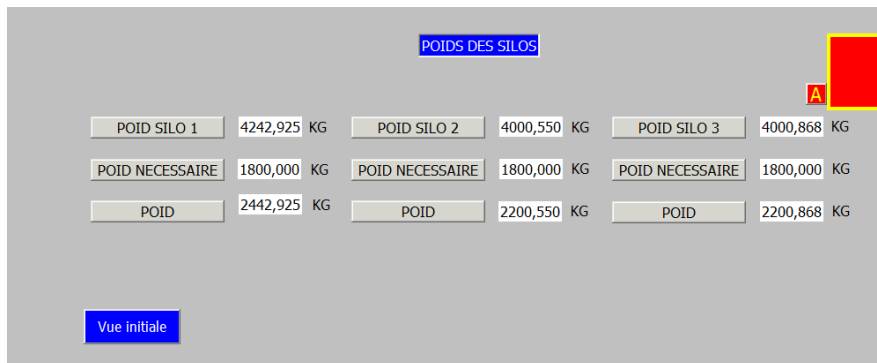


Figure IV.6 : Vue de poids silos.

**IV.5.3. Vue de dosage :**

Dans cette vue nous pouvons entrer le débit d'eau brute, le taux de traitement et la concentration de la solution préparée, pour lire le débit d'eau sortant de la pompe (débit de dosage).

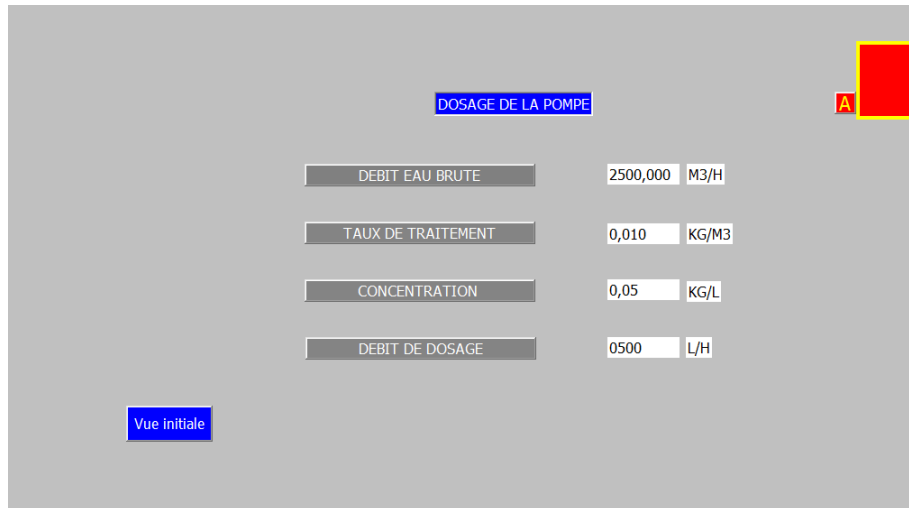


Figure IV.7 : Vue de dosage.

**IV.5.4. Vue d’alarme :**

Lorsque des défauts surviennent dans l’installation, des alarmes sont immédiatement déclenchées.

Les alarmes utilisées sont des alarmes toute ou rien (TOR), chacune de ces alarmes est composée toujours des éléments suivants : le texte d’alarme qui donne la description d’alarme, son numéro qui est unique pour chacune ainsi que le temps de son déclenchement c’est –à-dire la date et l’heure.

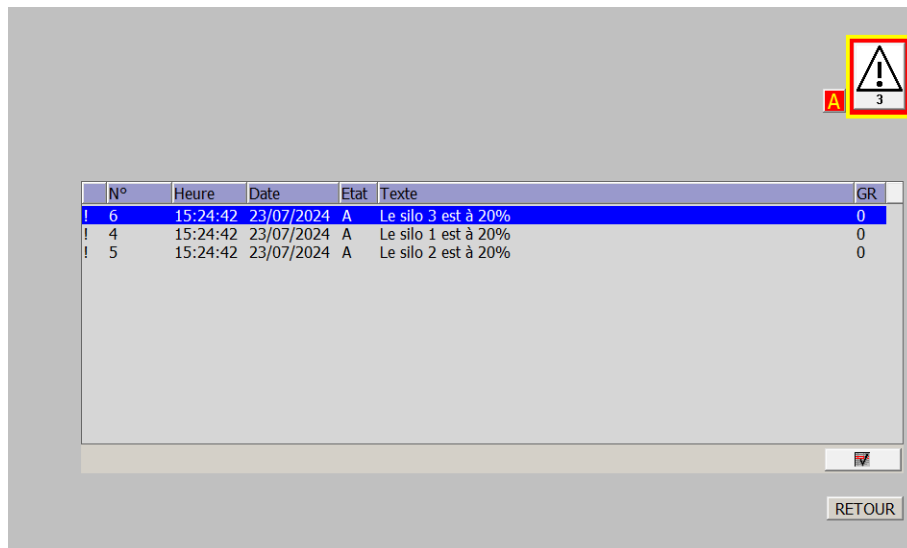


Figure IV.8 : Vue d’alarme.

**IV.6. Conclusion :**

Dans ce chapitre, Nous avons défini la supervision en précisant son rôle dans l'industrie, ainsi que une présentation de logiciel de supervision WinCC flexible. Ensuite, nous avons réalisé les vues de contrôle et de supervision de l'installation du sulfate d'alumine qui permettent de suivre l'évolution du procédé en temps réel. Enfin, nous avons effectué des tests avec le simulateur de WinCC, confirmant que le système de supervision répond au programme de l'automate.

# **CONCLUSION GÉNÉRALE**

# CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce travail de fin d'étude s'inscrit dans le cadre de l'automatisation et supervision d'une installation de préparation et d'injection du sulfate d'alumine au sein de la station de traitement des eaux SEAAL de Boudouaou. Il nous a permis de découvrir le monde industriel, qui est nécessaire pour notre vie professionnelle. En outre, ce travail nous a poussés à faire appel à toutes nos connaissances et aptitudes recueillies pendant notre cursus d'étude.

Pour atteindre notre objectif, nous avons d'abord réalisés une étude générale sur le fonctionnement de l'installation du sulfate d'alumine, ce qui nous a permis de décrire en détail les différents dispositifs de l'installation, et de définir la problématique. Par la suite, nous avons proposés quelques modifications pour améliorer le fonctionnement actuel.

Ensuite, nous avons élaboré une modélisation cohérente de notre processus à l'aide du GRAFCET, qui nous a facilités le passage à la programmation sur STEP7. Par la suite, nous avons utilisés l'automate S7-300 pour automatiser l'installation et à la fin nous avons simulés le programme avec le simulateur PLCSIM.

Nous avons terminé notre travail par la conception d'une interface de supervision à l'aide du logiciel Win CC flexible, pour garantir l'interface Homme Machine et assurer le contrôle et la surveillance de l'installation du sulfate d'alumine.

Enfin, nous espérons que notre travail sera une meilleure solution à la problématique posée et servira comme une base de départ pour notre vie professionnelle et être bénéfique aux promotions futures.

## **Perspectives :**

Dans notre installation, l'injection de la solution de sulfate d'alumine est effectuée manuellement à l'aide d'un doseur manuel et d'une vanne manuelle pour le réglage du débit. Bien que cette méthode soit fonctionnelle, elle présente des limitations importantes en termes de précision, de fiabilité, et de contrôle automatisé du processus. Pour optimiser ces aspects, nous suggérons l'intégration des variateurs de vitesse pour les pompes de transfert.

# **BIBLIOGRAPHIE**

# BIBLIOGRAPHIE

## Ouvrages

- [1] MIHOUBI, Lyes. Lettre de cadrage et d'orientation. Alger : Seaal, 2024.
- [2] Identification de la maintenance. Tiaret : universite ibn khaldoun, 2017.
- [3] KIRAT, RADIA. Préparation et dosage du sulfate d'aluminium pour l'usine de Boudouaou. 2014.
- [4] Rappel Moteur asynchrone / Dossier Ressource 2001/2002 Panneau d'affichage publicitaire PDF.
- [12] Le livrer de «Industrial Pneumatic Control: A Guide to Pneumatic Control Systems" R. A. Williams, 2017.
- [13] « Le GRAFCET et sa mise en œuvre », (cours en PDF), Université Louis Pasteur.
- [14] D.DUBOIS « Les automate programmables industriels » (publié 2010).
- [15] G. Michel. - Les A.P.I. : Architecture et applications des automates programmables industriels, 2010.
- [16] SIEMENS, « Programmation avec STEP7», SIMATIC.
- [17] SIEMENS (2002) Step7 PLCSIM.
- [19] Siemens. Mise en route WinCC flexible débutants : SIMATIC HMI. Edition2008.

## Site internet

- [5] La pompe de transfert du sulfate d'alumine : Site internet [www.someflu.fr](http://www.someflu.fr).
- [6] Agitateur motoréducteur Sulfate d'Alumine : Site internet [www.cpi-salina.fr](http://www.cpi-salina.fr).
- [7] Disjoncteur différentielle : Site internet [www.la-toile-electrique.com/les-organes-protection-disjoncteurs-fusibles](http://www.la-toile-electrique.com/les-organes-protection-disjoncteurs-fusibles).
- [8] Sectionner : définition/ explication : Site internet <https://www.techno-science.net/definition/3213.html>.
- [9] VEGASON 62 4 ... 20 mA/HART. Capteur à ultrasons pour la mesure continu de niveau de vrac.
- [10] Vanne à guillotine commande pneumatique : Site internet <https://www.gflow.fr/vannes-industrielles/vanne-guillotine-knife-gate-valves/vanne-guillotine-actionneur-double-effet>.

[11] Vanne alvéolaire : Site internet <https://wamgroup.fr/fr-FR/WAMFR/Product/RVC/sas-alvéolaires-a-gravite>.

[18] Supervision industrielle : Définition. 2021,  
[https://fr.wikiversity.org/wiki/Supervision\\_industrielle/D%C3%A9finition](https://fr.wikiversity.org/wiki/Supervision_industrielle/D%C3%A9finition).

# **ANNEXES**

**Propriétés de la table des mnémoriques**

Nom : Mnémoriques  
 Auteur :  
 Commentaire :  
 Date de création : 21/06/2024 18:57:03  
 Dernière modification : 25/08/2024 16:49:34  
 Dernier filtre sélectionné : Tous les mnémoriques  
 Nombre de mnémoriques : 101/101  
 Dernier tri : Opérande ordre croissant

Etat	Mnémorique	Opérande	Type de données	Commentaire
	VS_2	A 0.0	BOOL	VANNE SOUTIRAGE DU BAC 2
	MD_3	A 0.1	BOOL	DESSACHEUSE 3
	DEP_3	A 0.2	BOOL	DEPOUSSIEREUR 3
	VB_3	A 0.3	BOOL	VANNE DU BAC 3
	AG_3	A 0.4	BOOL	AGITATEUR 3
	VA_3	A 0.5	BOOL	VANNE ALVEOLAIRE 3
	ALARME_3	A 0.6	BOOL	ALARME DU BAC 3
	VG_3	A 0.7	BOOL	VANNE GUILLOTINE 3
	VS_3	A 1.0	BOOL	VANNE SOUTIRAGE DU BAC 3
	VIBREUR_1	A 1.1	BOOL	VIBREUR DU SILO 1
	VIBREUR_2	A 1.2	BOOL	VIBREUR DU SILO 2
	VIBREUR_3	A 1.3	BOOL	VIBREUR DU SILO 3
	VAS_P1	A 1.4	BOOL	VANNE D'ASPIRATION DE LA POMPE 1
	VR_P1	A 1.5	BOOL	VANNE DE REFOULEMENT DE LA POMPE 1
	VAS_P2	A 1.6	BOOL	VANNE D'ASPIRATION DE LA POMPE 2
	VR_P2	A 1.7	BOOL	VANNE DE REFOULEMENT DE LA POMPE 2
	MD_1	A 4.0	BOOL	DESSACHEUSE 1
	DEP_1	A 4.1	BOOL	DEPOUSSIEREUR 1
	VB_1	A 4.2	BOOL	VANNE DU BAC 1
	AG_1	A 4.3	BOOL	AGITATEUR 1
	VA_1	A 4.5	BOOL	VANNE ALVEOLAIRE 1
	ALARME_1	A 4.6	BOOL	ALARME DU BAC 1
	VG_1	A 4.7	BOOL	VANNE GUILLOTINE 1
	VS_1	A 5.0	BOOL	VANNE SOUTIRAGE 1
	MD_2	A 5.1	BOOL	DESSACHEUSE 2
	DEP_2	A 5.2	BOOL	DEPOUSSIEREUR 2
	VB_2	A 5.3	BOOL	VANNE DU BAC 2
	AG_2	A 5.4	BOOL	AGITATEUR 2
	VA_2	A 5.5	BOOL	VANNE ALVEOLAIRE 2
	ALARME_2	A 5.6	BOOL	ALARME DU BAC 2
	VG_2	A 5.7	BOOL	VANNE GUILLOTINE 2
	POMPE_1	A 8.0	BOOL	POMPE 1
	POMPE_2	A 8.1	BOOL	POMPE 2
	ALARME_S_1	A 8.2	BOOL	ALARME DU SILO 1
	ALARME_S_2	A 8.3	BOOL	ALARME DU SILO 2
	ALARME_S_3	A 8.4	BOOL	ALARME DU SILO 3
	bp_1	E 0.0	BOOL	BOUTON POUSSOIR DE LA DESSACHEUSE
	cpp_1	E 0.1	BOOL	CAPTEUR PRESENCE DE PRODUIT DANS LA DESSACHEUSE
	bp_arret_urgence	E 0.2	BOOL	BOUTON ARRET D'URGENCE
	pes_1	E 0.3	BOOL	CAPTEUR DE PRESSION 1
	vgo_1	E 0.4	BOOL	VANNE GUILLOTINE 1 OUVERTE

Etat	Mnémorique	Opérande	Type de données	Commentaire
	vas_o_p1	E 0.5	BOOL	VANNE D'ASPIRATION DE LA POMPE 1 OUVERTE
	vas_f_p1	E 0.6	BOOL	VANNE D'ASPIRATION DE LA POMPE 1 FERMER
	vas_o_p2	E 0.7	BOOL	VANNE D'ASPIRATION DE LA POMPE 2 OUVERTE
	vbo_1	E 1.0	BOOL	VANNE DU BAC 1 OUVERTE
	vb_f_1	E 1.1	BOOL	VANNE DU BAC 1 FERMER
	vso_1	E 1.2	BOOL	VANNE SOUTIRAGE 1 OUVERTE
	vsf_1	E 1.3	BOOL	VANNE SOUTIRAGE 1 FERMER
	vr_f_p2	E 1.4	BOOL	VANNE DE REFOULEMENT DE LA POMPE 2 FERMER
	vgf_1	E 1.5	BOOL	VANNE GUILLOTINE 1 FERMER
	vas_f_p2	E 1.6	BOOL	VANNE D'ASPIRATION DE LA POMPE 2 FERMER
	vr_o_p1	E 1.7	BOOL	VANNE DE REFOULEMENT DE LA POMPE 1 OUVERTE
	vgf_2	E 4.0	BOOL	VANNE GUILLOTINE 2 FERMER
	bp_3	E 4.1	BOOL	BOUTON POUSSOIR DE LA DESSACHEUSE 3
	cpp_3	E 4.2	BOOL	CAPTEUR PRESENCE DE PRODUIT DE LA DESSACHEUSE 3
	pes_3	E 4.3	BOOL	CAPTEUR DE PRESSION 3
	vgo_3	E 4.4	BOOL	VANNE GUILLOTINE 3 OUVERTE
	vbo_3	E 4.5	BOOL	VANNE DU BAC 3 OUVERTE
	vb_f_3	E 4.6	BOOL	VANNE DU BAC 3 FERMER
	vso_3	E 4.7	BOOL	VANNE SOUTIRAGE 3 OUVERTE
	vsf_3	E 5.0	BOOL	VANNE SOUTIRAGE 3 FERMER
	vgf_3	E 5.1	BOOL	VANNE GUILLOTINE 3 FERMER
	bp_p1	E 5.2	BOOL	BOUTON POUSSOIR DE LA POMPE 1
	bp_p2	E 5.3	BOOL	BOUTON POUSSOIR DE LA POMPE 2
	cec_p1	E 5.4	BOOL	CAPTEUR D'ECOULEMENT DE LA POMPE 1
	cec_p2	E 5.5	BOOL	CAPTEUR D'ECOULEMENT DE LA POMPE 2
	vr_f_p1	E 5.6	BOOL	VANNE DE REFOULEMENT DE LA POMPE 1 FERMER
	vr_o_p2	E 5.7	BOOL	VANNE DE REFOULEMENT DE LA POMPE 2 OUVERTE
	bp_2	E 8.0	BOOL	BOUTON POUSSOIR DE LA DESSACHEUSE 2
	cpp_2	E 8.1	BOOL	CAPTEUR DE PRESENCE DE PRODUIT DE LA DESSACHEUSE 2
	pes_2	E 8.2	BOOL	CAPTEUR DE PRESSION 2
	vgo_2	E 8.3	BOOL	VANNE GUILLOTINE 2 OUVERTE
	vbo_2	E 8.4	BOOL	VANNE DU BAC 2 OUVERTE
	vb_f_2	E 8.5	BOOL	VANNE DU BAC 2 FERMER
	vso_2	E 8.6	BOOL	VANNE SOUTIRAGE 2 OUVERTE
	vsf_2	E 8.7	BOOL	VANNE SOUTIRAGE 2 FERMER
	G7_STD_3	FC 72	FC 72	
	SCALE	FC 105	FC 105	Scaling Values
	Con_FVG_1	M 1.0	BOOL	CONDITION DE FERMETURE DE LA VANNE GUILLOTINE 1
	Con_OVG_1	M 4.1	BOOL	CONDITION D'OUVERTURE DE LA VANNE GUILLOTINE 1
	Con_FVG_2	M 32.0	BOOL	CONDITION DE FERMETURE DE LA VANNE GUILLOTINE 2
	Con_OVG_2	M 42.0	BOOL	CONDITION D'OUVERTURE DE LA VANNE GUILLOTINE 2
	Con_FVG_3	M 62.0	BOOL	CONDITION DE FERMETURE DE LA VANNE GUILLOTINE 3

Etat	Mnémorique	Opérande	Type de données	Commentaire
	Con_OVG_3	M 72.0	BOOL	CONDITION D'OUVERTURE DE LA VANNE GUILLOTINE 3
	POID_SILO_1	MD 10	REAL	CAPTEUR DE POID ANALOGIQUE DU SILO 1
	NIV_BAC_1	MD 20	REAL	CAPTEUR DE NIVEAU ANALOGIQUE DU BAC 1
	POID_SILO_2	MD 30	REAL	CAPTEUR DE POID ANALOGIQUE DU SILO 2
	SA_INJECTER	MD 40	REAL	QUANTITE NECESSAIRE DE SA A INJECTER DANS LE BAC
	SA_AFFICHER	MD 60	REAL	SA AFFICHER
	NIV_BAC_2	MD 70	REAL	CAPTEUR DE NIVEAU ANALOGIQUE DU BAC 2
	POID_SILO_3	MD 80	REAL	CAPTEUR DE POID ANALOGIQUE DU SILO 3
	NIV_BAC_3	MD 90	REAL	CAPTEUR DE NIVEAU ANALOGIQUE DU BAC 3
	CONCENTRATION	MD 100	REAL	CONCENTRATION
	TAUX	MD 120	REAL	TAUX DE TRAITEMENT
	DEBIT_EB	MD 130	REAL	DEBIT EAU BRUTE
	RES_MUL	MD 140	REAL	RESULTAT DE LA MULTIPLICATION
	DEBIT_DOSAGE	MD 170	REAL	DEBIT DE DOSAGE DE LA POMPE
	bac 1	MW 606	WORD	
	bac 2	MW 608	WORD	
	bac 3	MW 610	WORD	
	TIME_TCK	SFC 64	SFC 64	Read the System Time

**OB1 - <offline>**

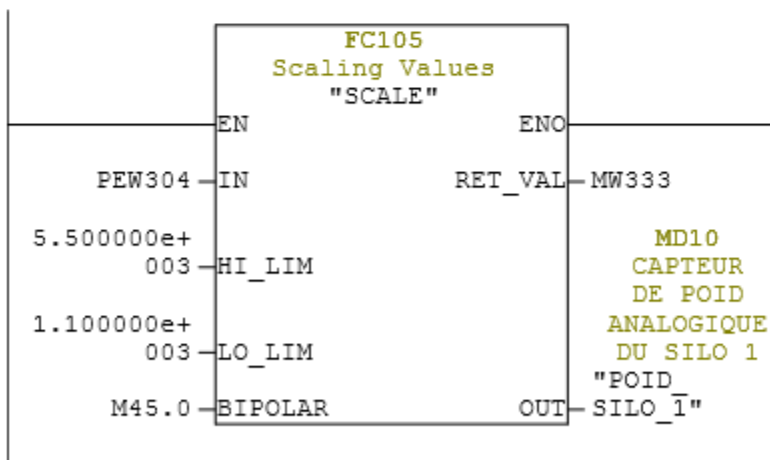
""

Nom :                                      Famille :  
 Auteur :                                    Version : 0.1  
     Version de bloc : 2  
 Horodatage Code :                      04/07/2024 16:53:36  
                                   Interface :    15/02/1996 16:51:12  
 Longueur (bloc/code /données locales) : 01188 01042 00030

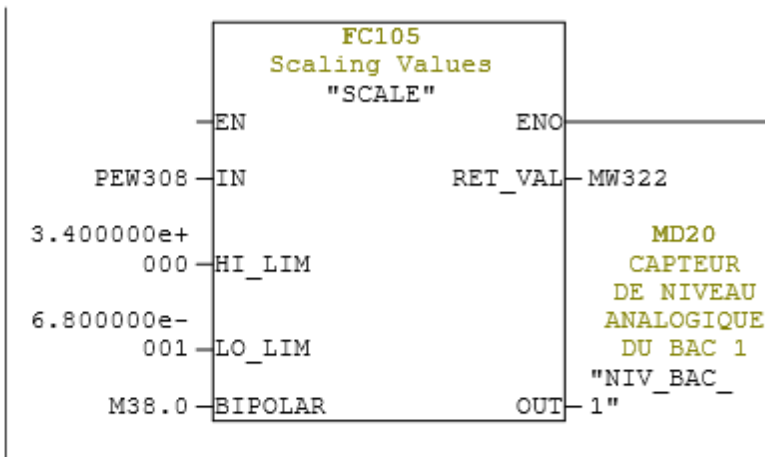
Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
TEMP		0.0	
OB1_EV_CLASS	Byte	0.0	Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
OB1_SCAN_1	Byte	1.0	1 (Cold restart scan 1 of OB 1), 3 (Scan 2-n of OB 1)
OB1_PRIORITY	Byte	2.0	Priority of OB Execution
OB1_OB_NUMBR	Byte	3.0	1 (Organization block 1, OB1)
OB1_RESERVED_1	Byte	4.0	Reserved for system
OB1_RESERVED_2	Byte	5.0	Reserved for system
OB1_PREV_CYCLE	Int	6.0	Cycle time of previous OB1 scan (milliseconds)
OB1_MIN_CYCLE	Int	8.0	Minimum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_MAX_CYCLE	Int	10.0	Maximum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_DATE_TIME	Date_And_Time	12.0	Date and time OB1 started

Bloc : OB1    "Main Program Sweep (Cycle)"

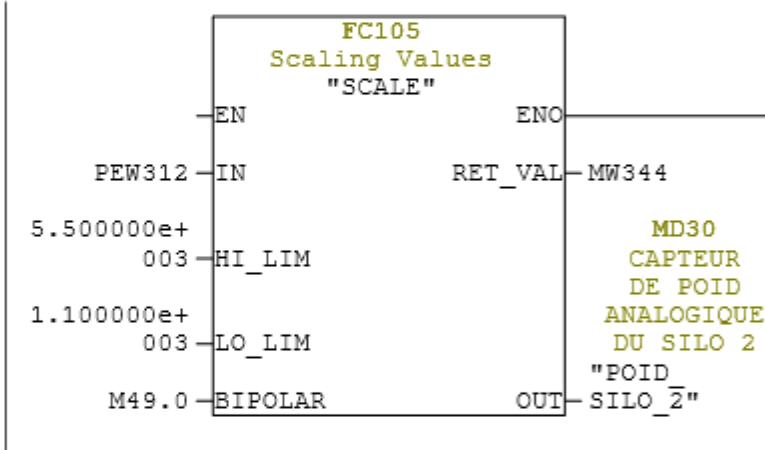
Réseau : 1    capteur de poids du silo 1



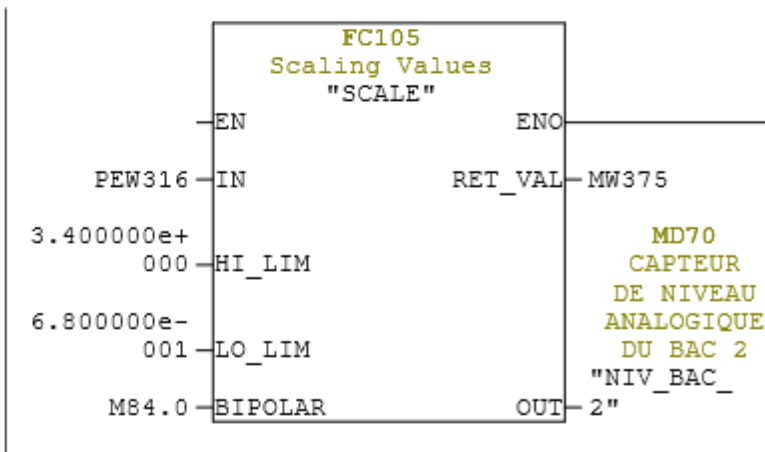
Réseau : 2      capteur de niveau du bac 1



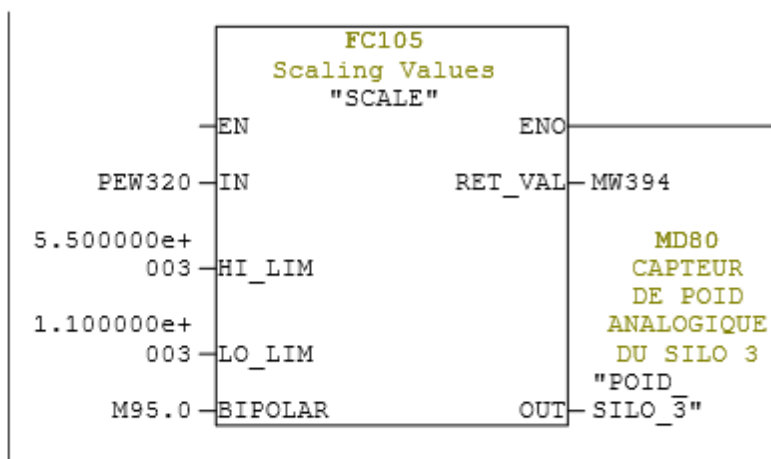
Réseau : 3      capteur de poids du silo 2



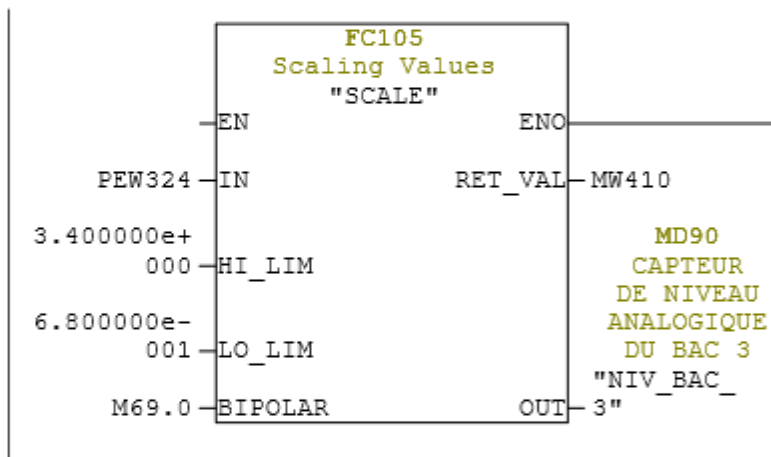
Réseau : 4      capteur de niveau du bac 2



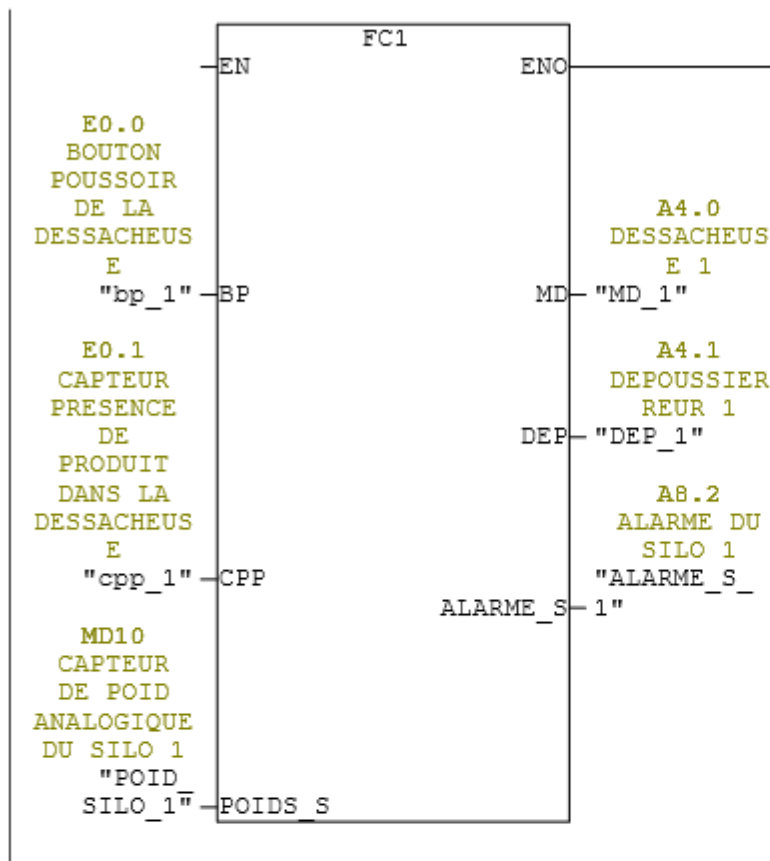
Réseau : 5      capteur de poids du silo 3



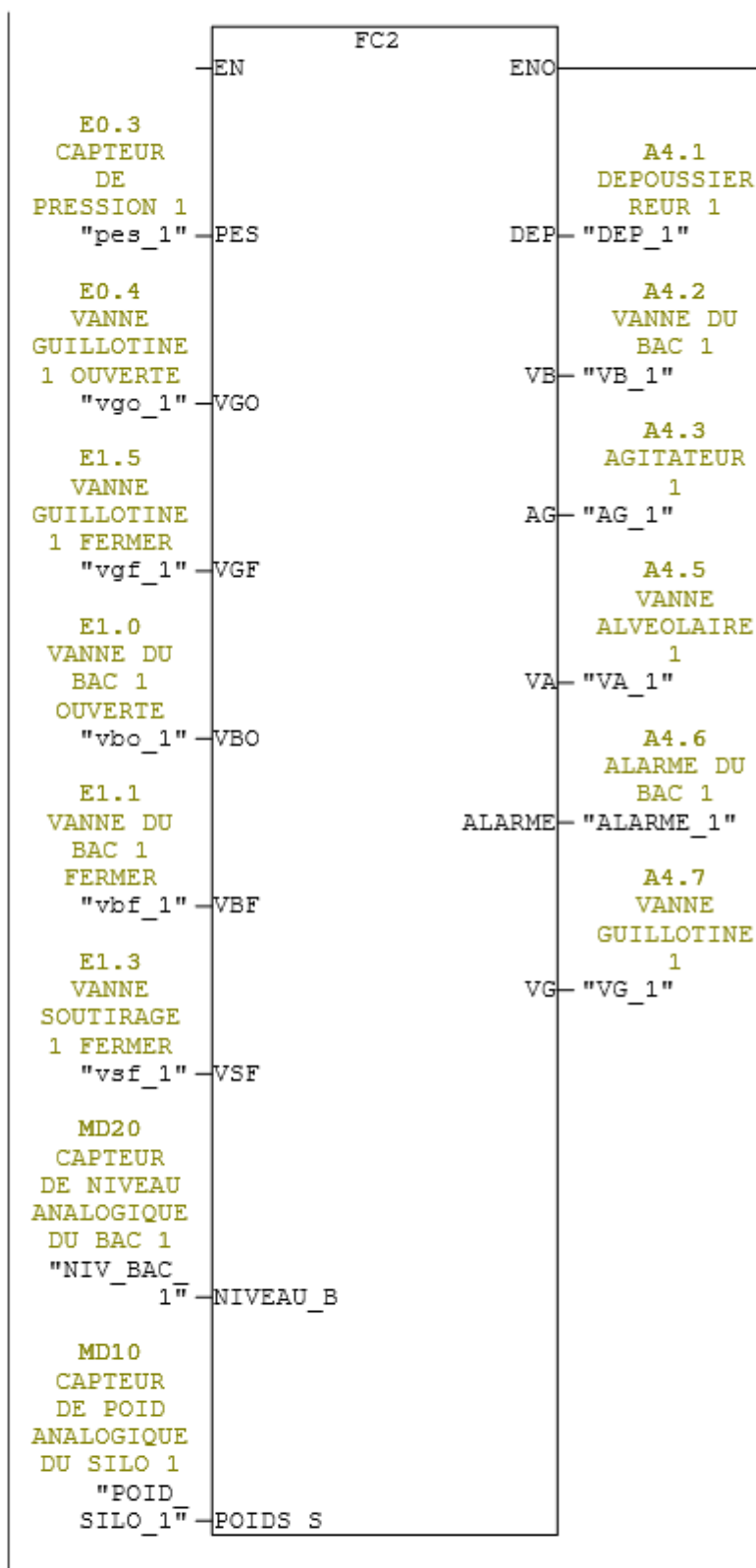
Réseau : 6      capteur de niveau du bac 3



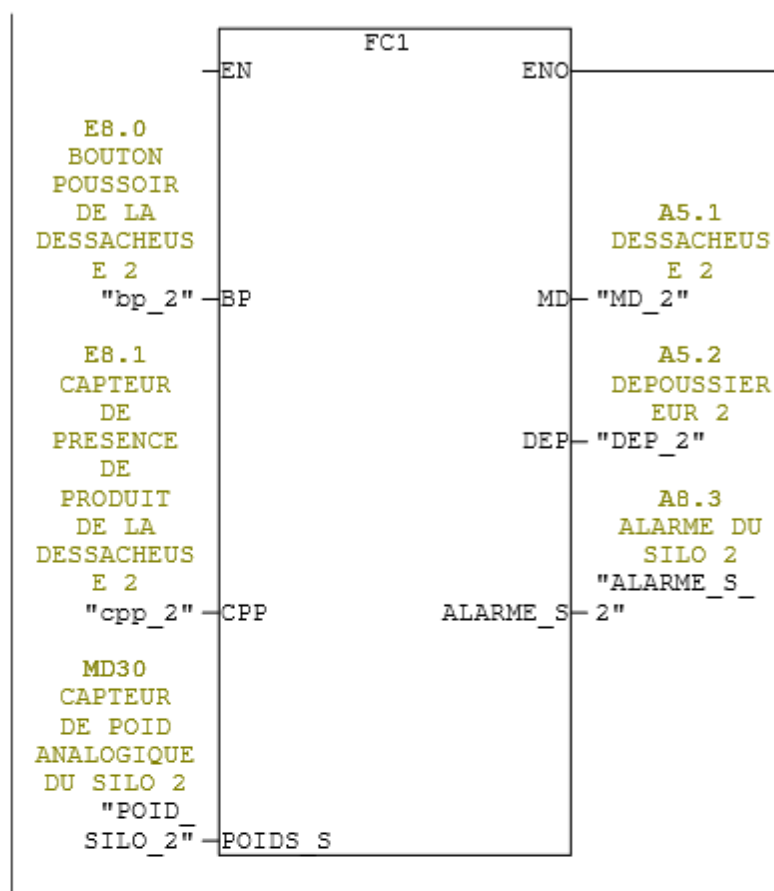
Réseau : 7      REMPLISSAGE SILO 1



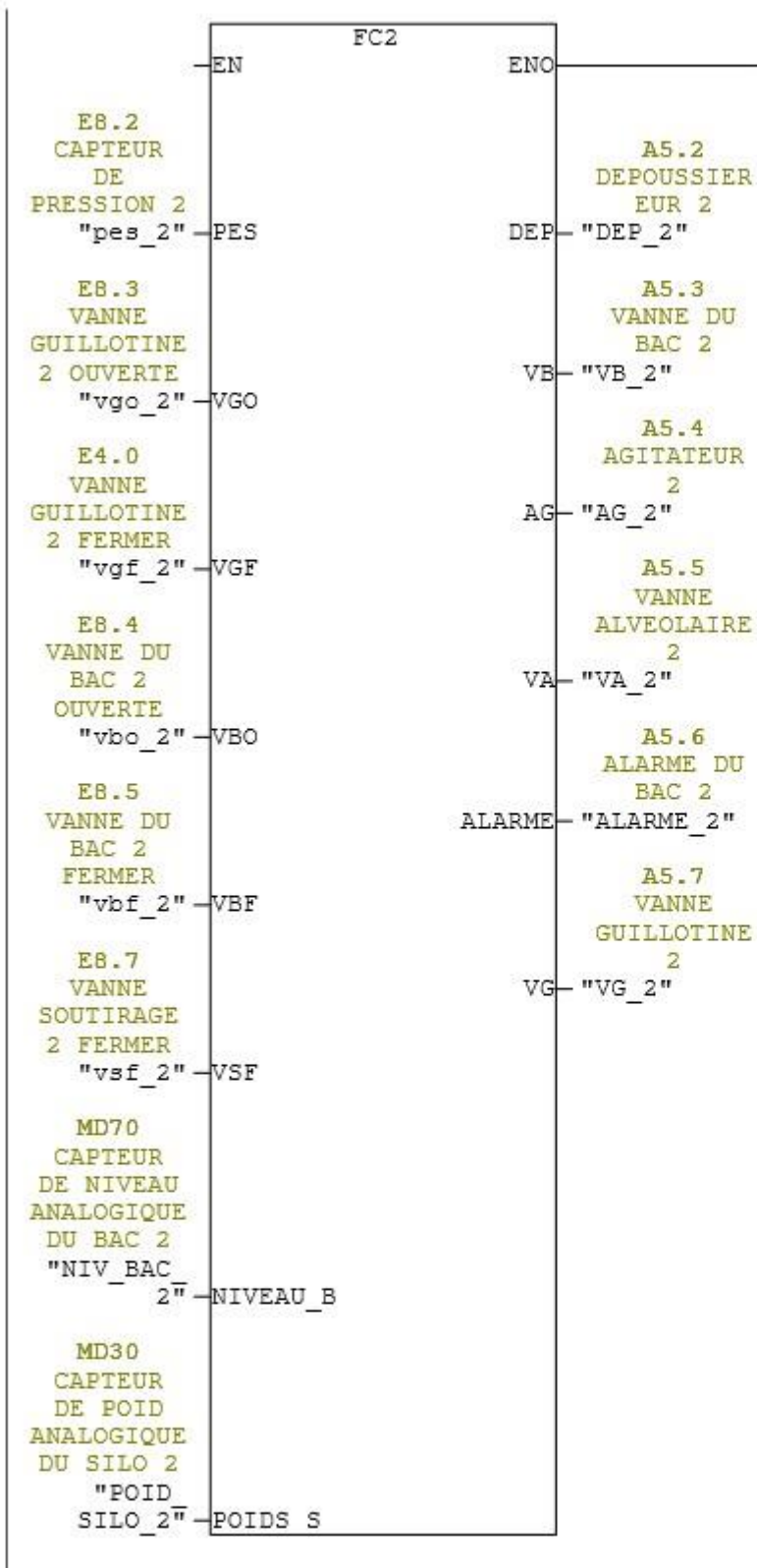
Réseau : 8      PREPARATION BAC 1



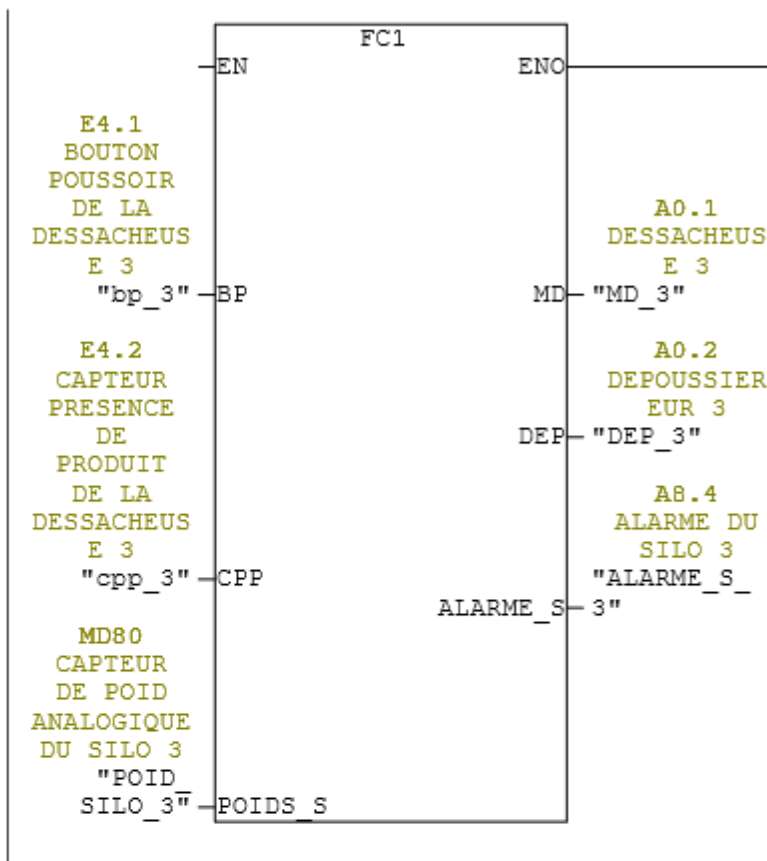
Réseau : 9      REPLISSAGE SILO 2



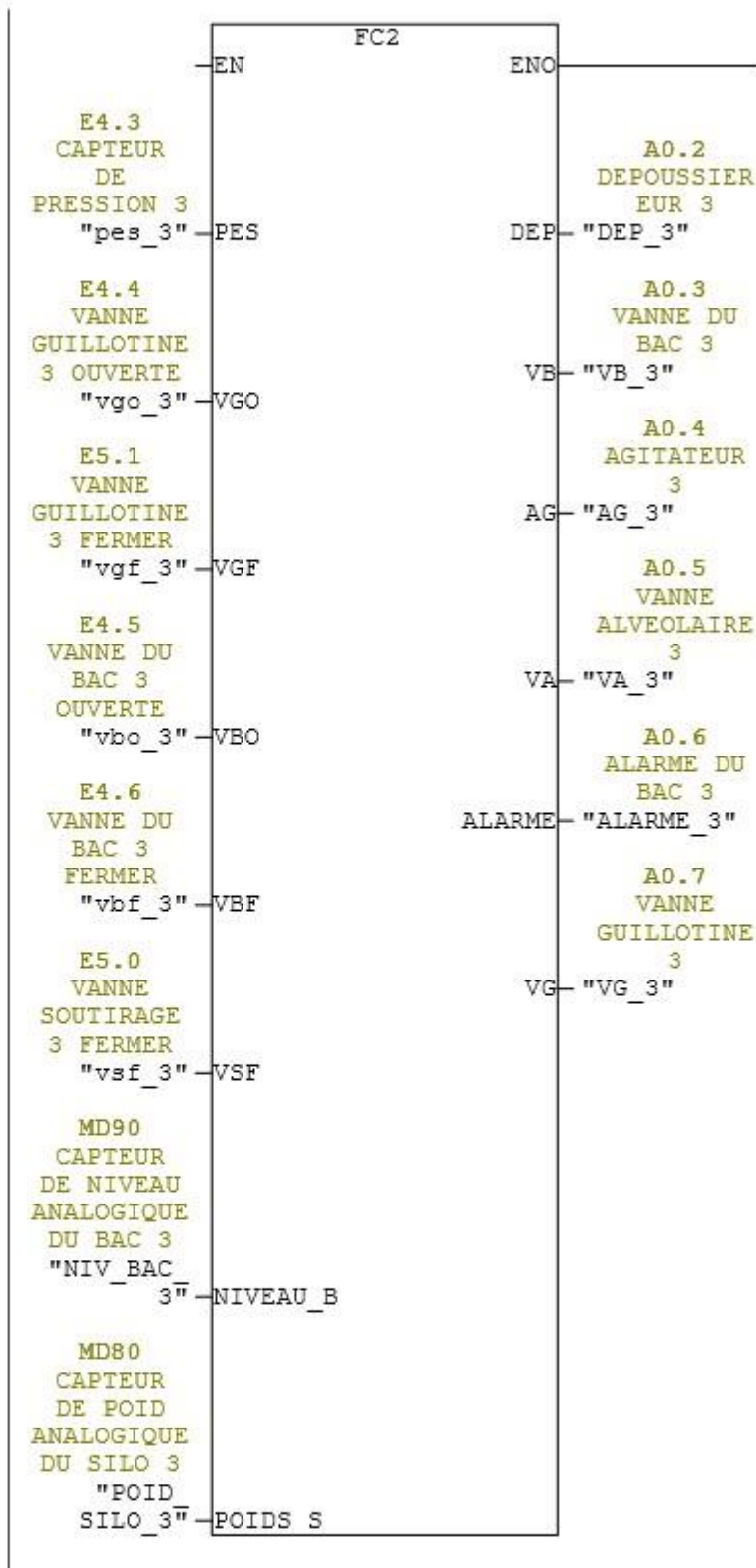
Réseau : 10      PREPARATION BAC 2



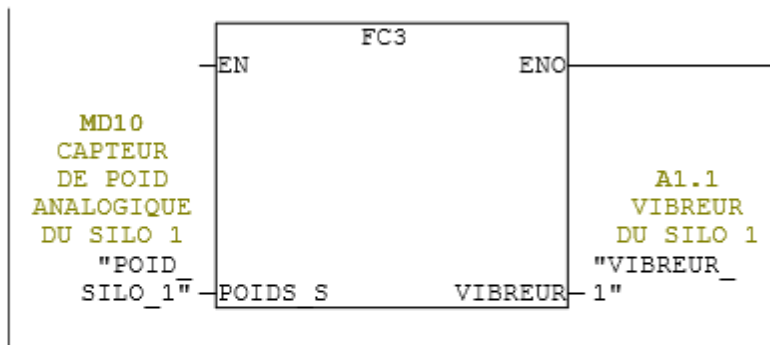
Réseau : 11      REMPLISSAGE SILO 3



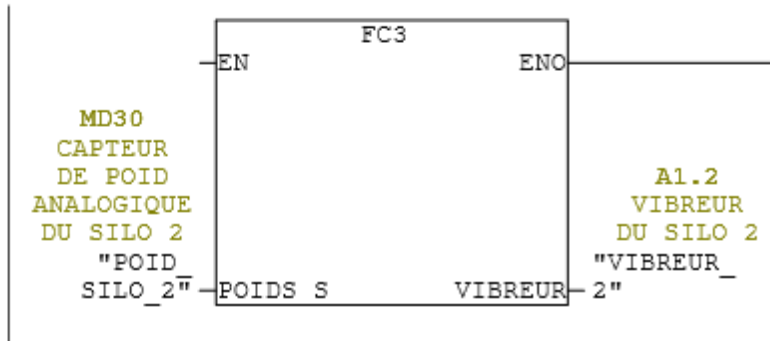
Réseau : 12      preparation bac 3



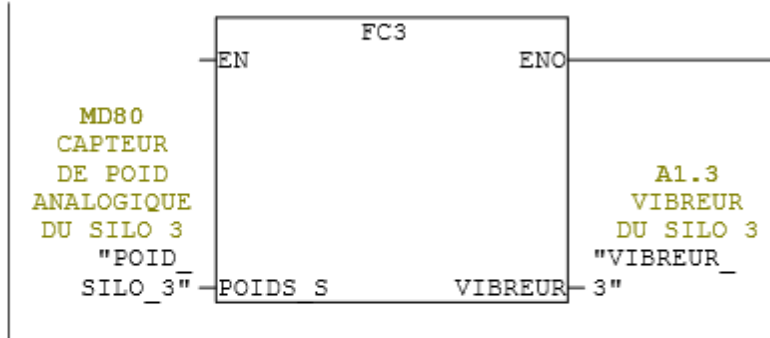
Réseau : 13 VIBREUR DU SILO 1



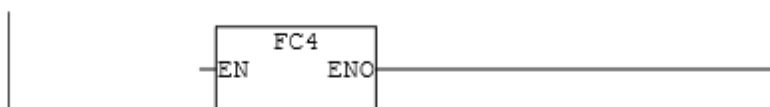
Réseau : 14 VIBREUR DU SILO 2



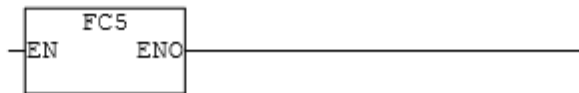
Réseau : 15 VIBREUR DU SILO 3



Réseau : 16 INJECTION DE LA POMPE 1



Réseau : 17      INJECTION DE LA POMPE 2



**FC1 - <offline>**

""

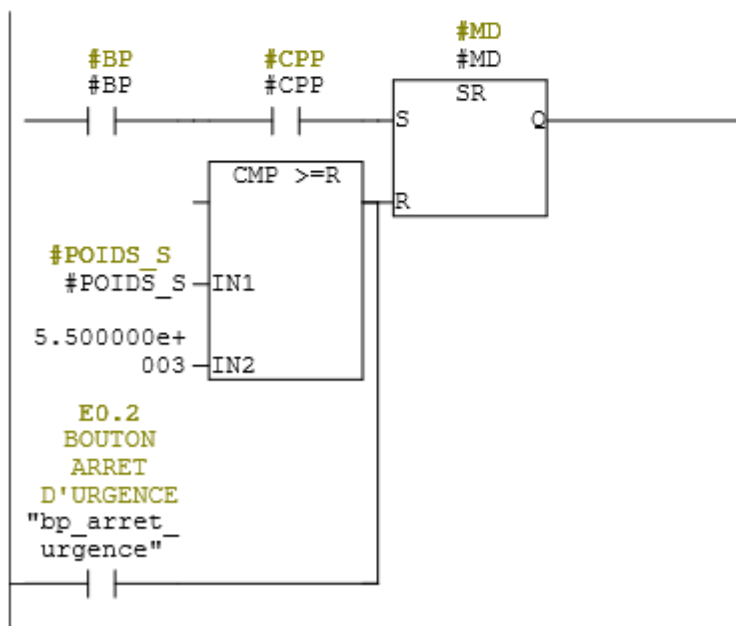
Nom :                                      Famille :  
 Auteur :                                    Version : 0.1  
     Version de bloc : 2  
 Horodatage Code :                        15/08/2024 16:00:32  
     Interface :    02/06/2024 13:48:55  
 Longueur (bloc/code /données locales) : 00234    00124    00000

Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
IN		0.0	
BP	Bool	0.0	
CPP	Bool	0.1	
POIDS_S	Real	2.0	
OUT		0.0	
MD	Bool	6.0	
DEP	Bool	6.1	
ALARME_S	Bool	6.2	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Bloc : FC1 Remplissage des silos

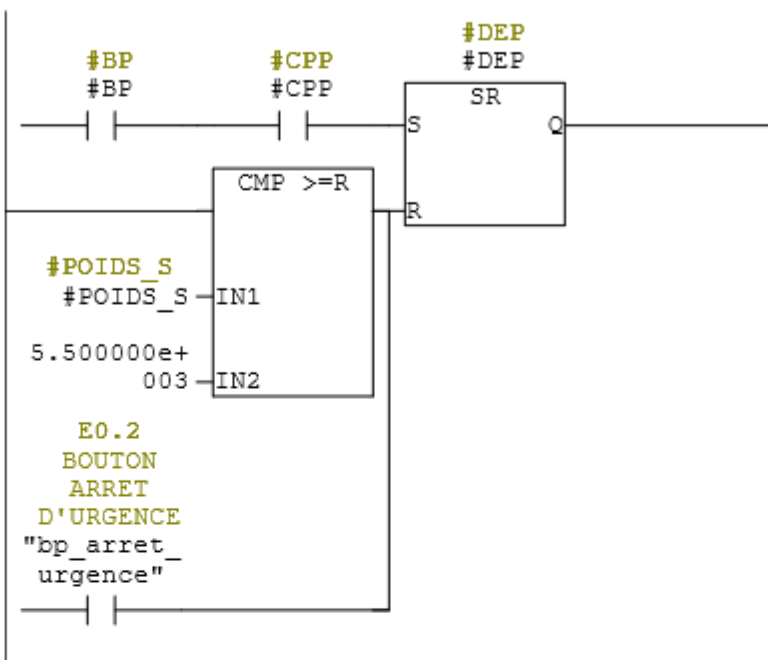
Réseau : 1

démarrage de la dessacheuse par un appui sur bouton poussoir et capteur présence de produit



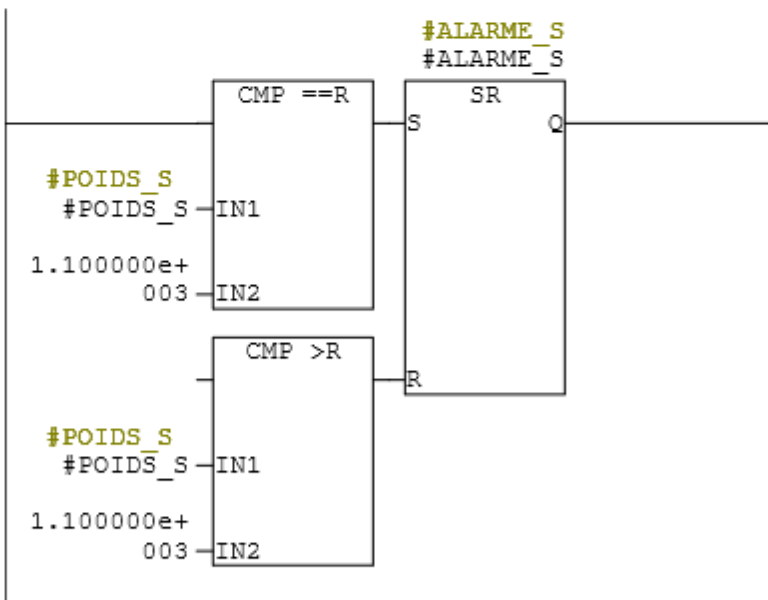
Réseau : 2

demarrage du depoussiereur par un appui sur le bouton poussoir et capteur presence produit



Réseau : 3

alarme du silo lorsque le niveau est superieur à 100%



**FC2 - <offline>**

""

**Nom :**  
**Auteur :**  
**Horodatage Code :**  
**Interface :**  
**Longueur (bloc/code /données locales) :** 00606 00450 00002

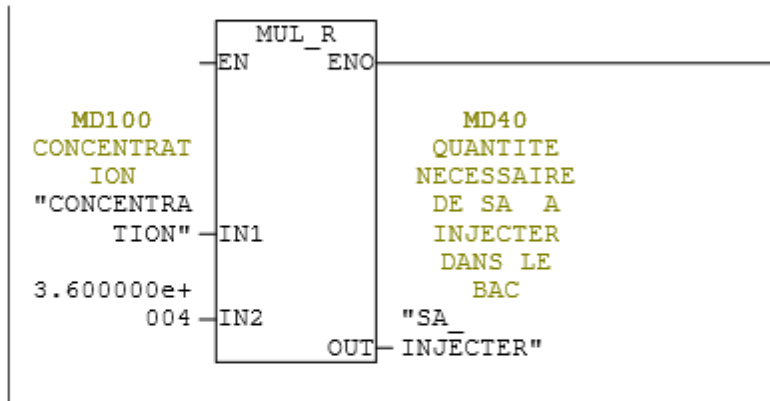
**Famille :**  
**Version :** 0.1  
**Version de bloc :** 2

Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
IN		0.0	
PES	Bool	0.0	
VGO	Bool	0.1	
VGf	Bool	0.2	
VBO	Bool	0.3	
VBF	Bool	0.4	
VSF	Bool	0.5	
NIVEAU_B	Real	2.0	
POIDS_S	Real	6.0	
OUT		0.0	
DEP	Bool	10.0	
VB	Bool	10.1	
AG	Bool	10.2	
VA	Bool	10.3	
ALARME	Bool	10.4	
VG	Bool	10.5	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
BAC_P	Bool	0.0	
Con_FVG	Bool	0.1	
Con_OVG	Bool	0.2	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

**Bloc : FC2 Préparation de la solution**

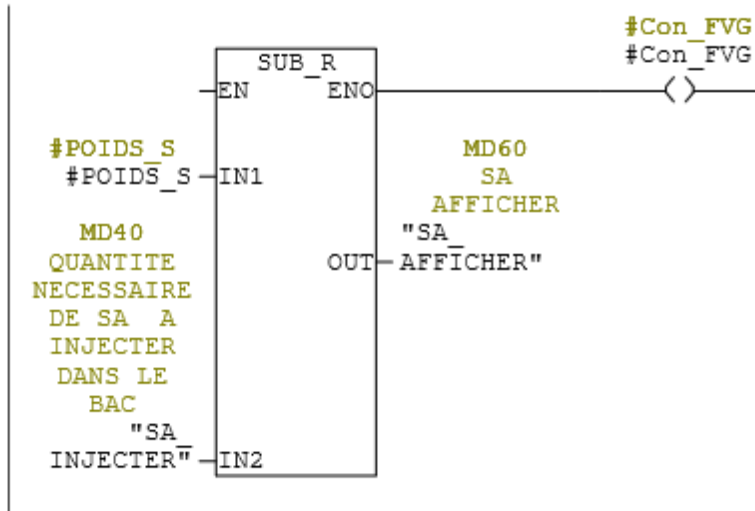
Réseau : 1

loi utilisée pour trouver la quantité du SA à injecter



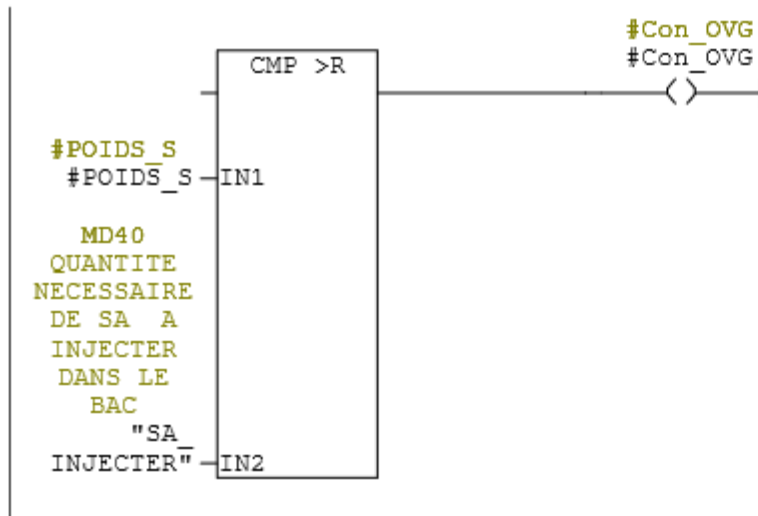
Réseau : 2

la condition de fermeture de la vanne guillotine



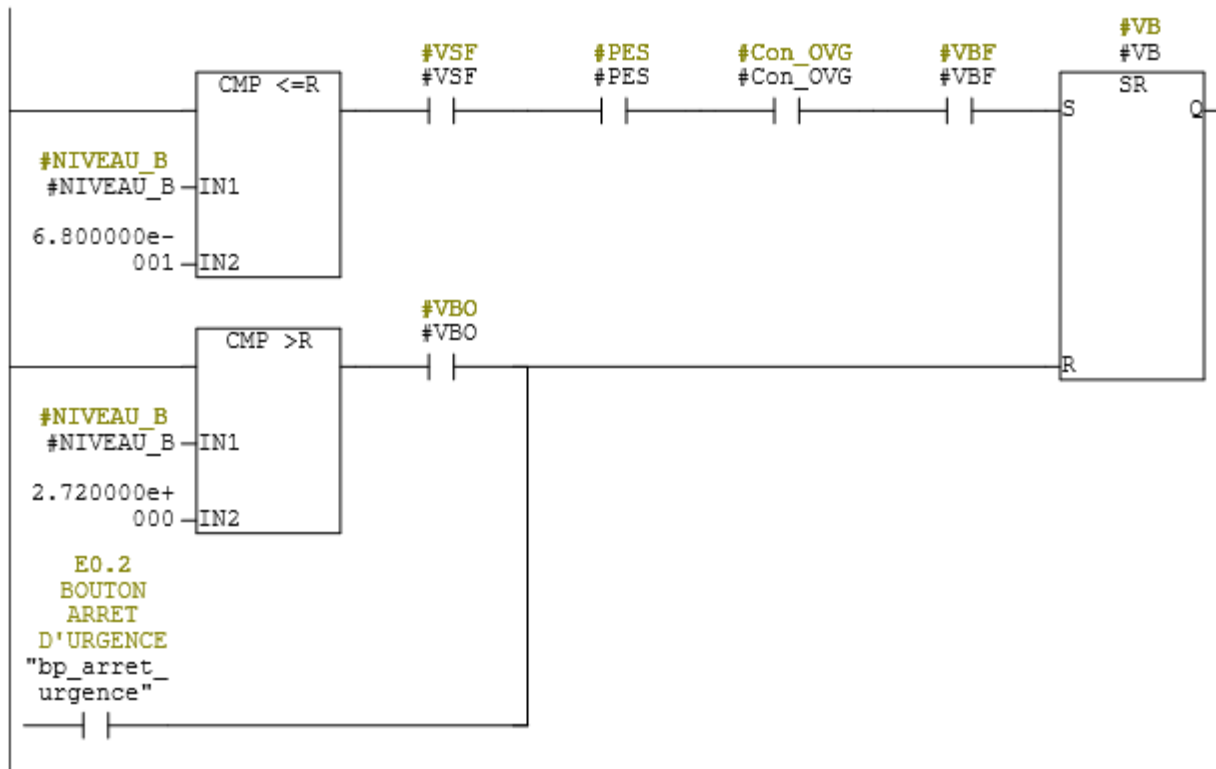
Réseau : 3

la condition d'ouverture de la vanne guillotine

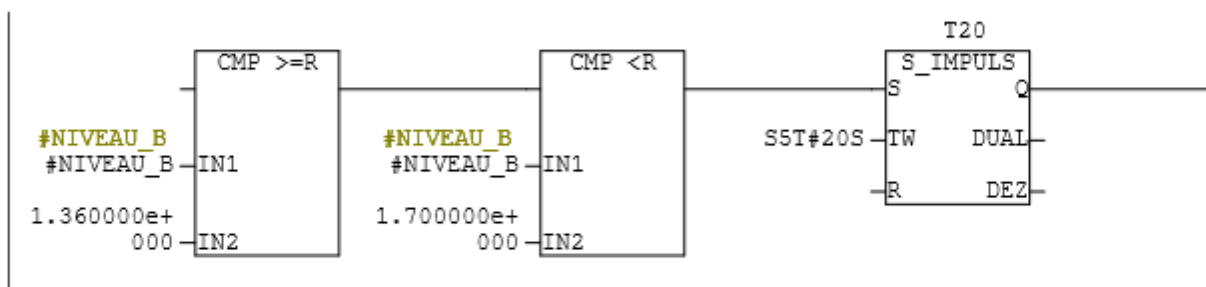


Réseau : 4

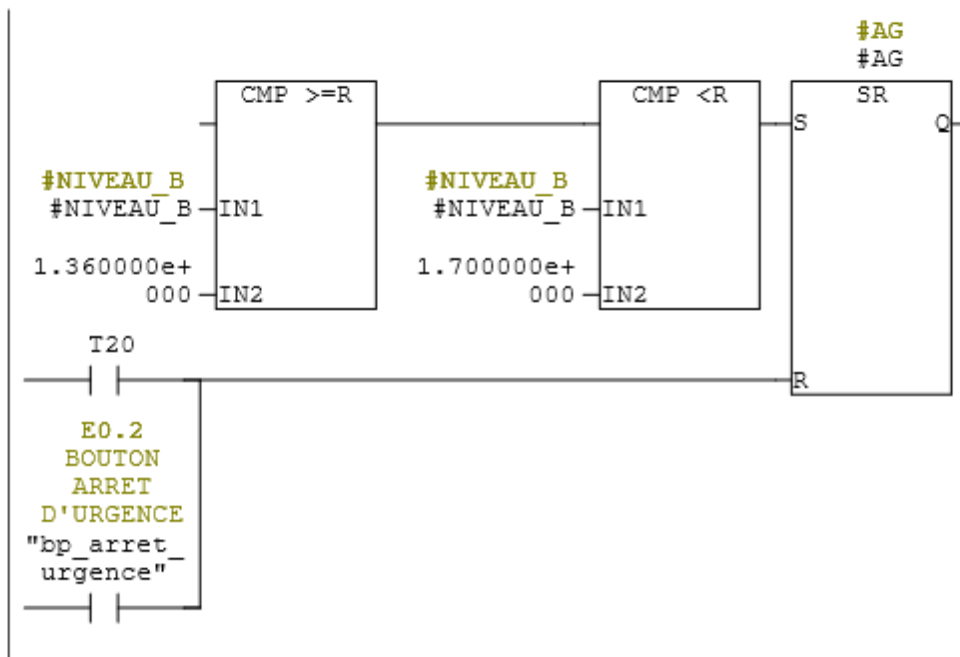
les conditions pour la vanne du bac



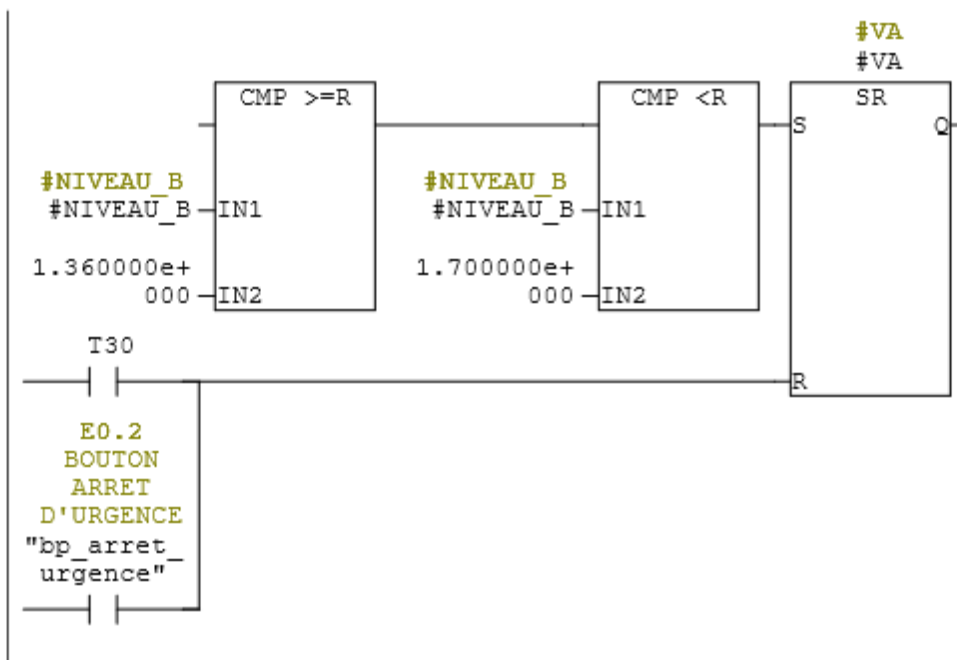
Réseau : 5



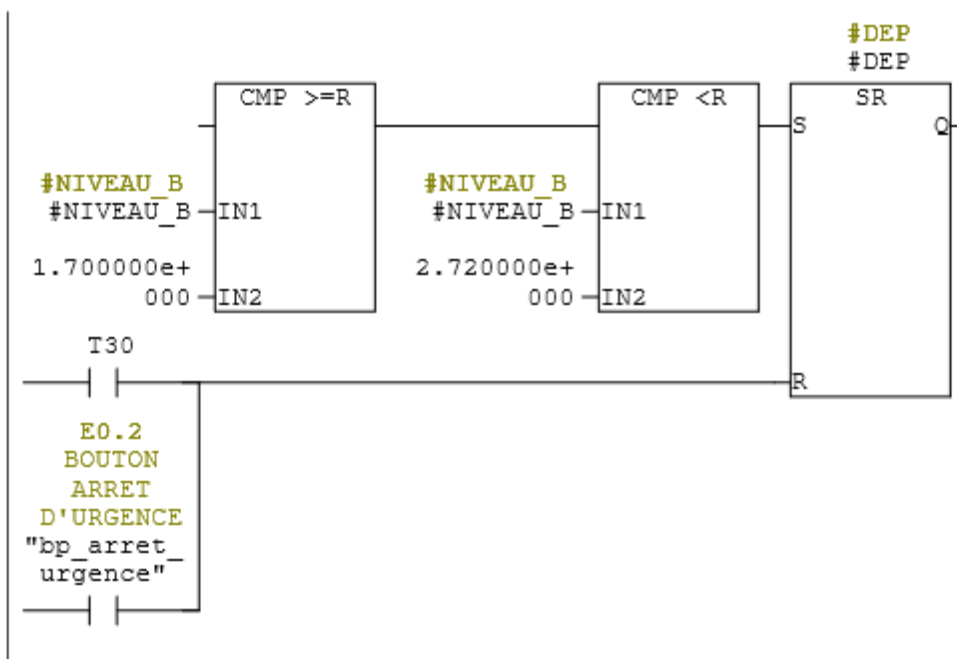
Réseau : 6



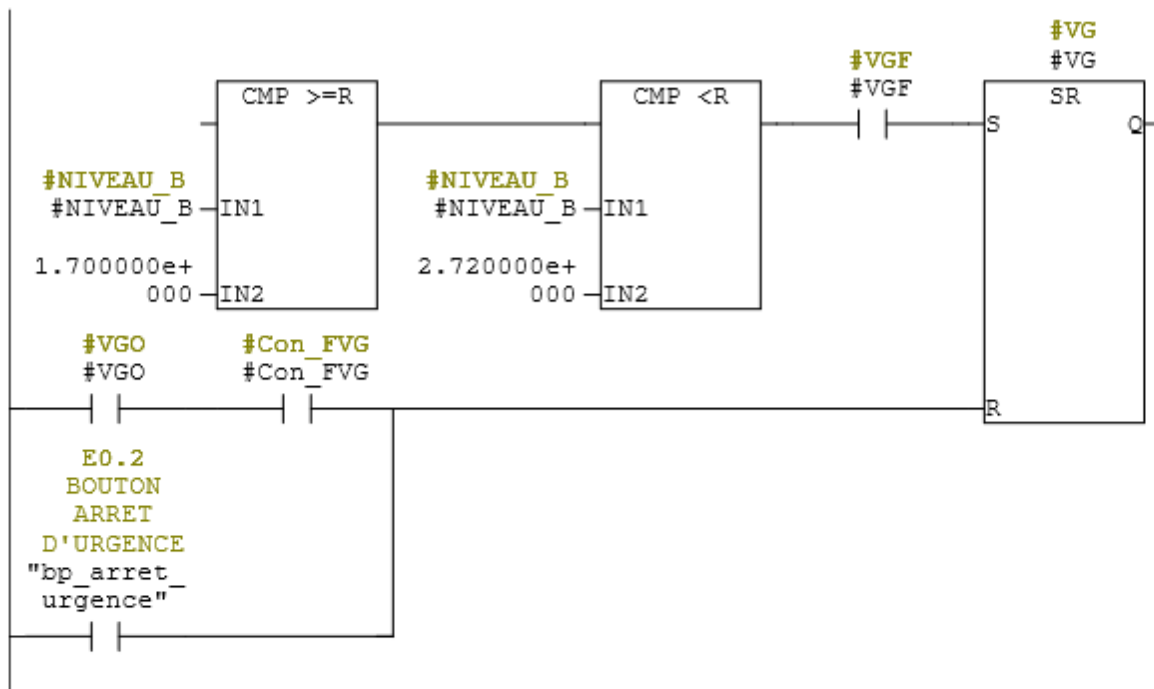
Réseau : 7



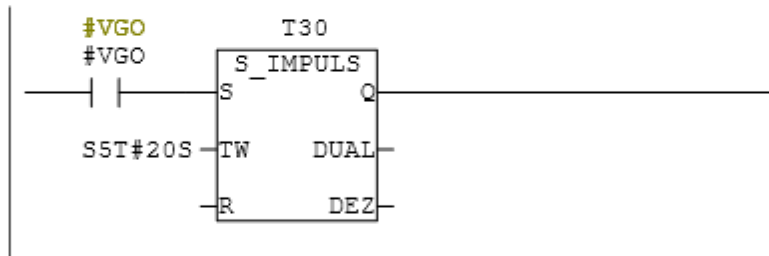
Réseau : 8



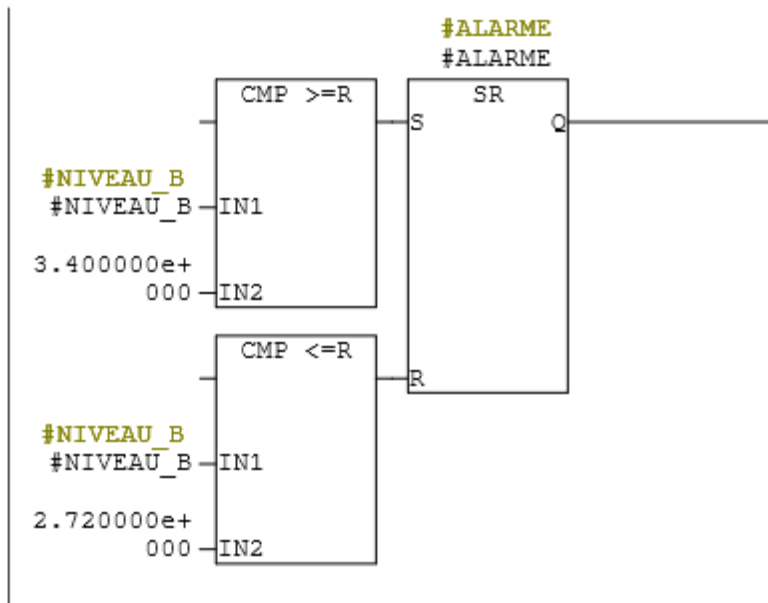
Réseau : 9



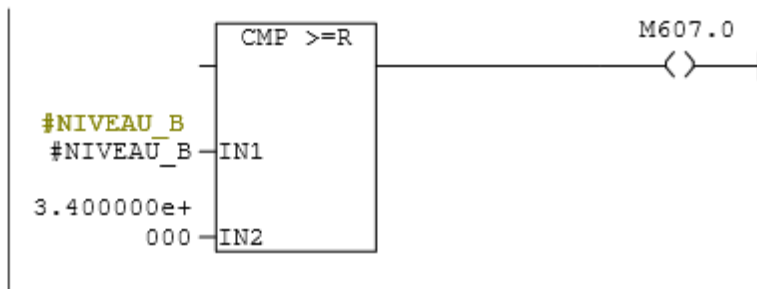
Réseau : 10



Réseau : 11



Réseau : 12



**FC3 - <offline>**

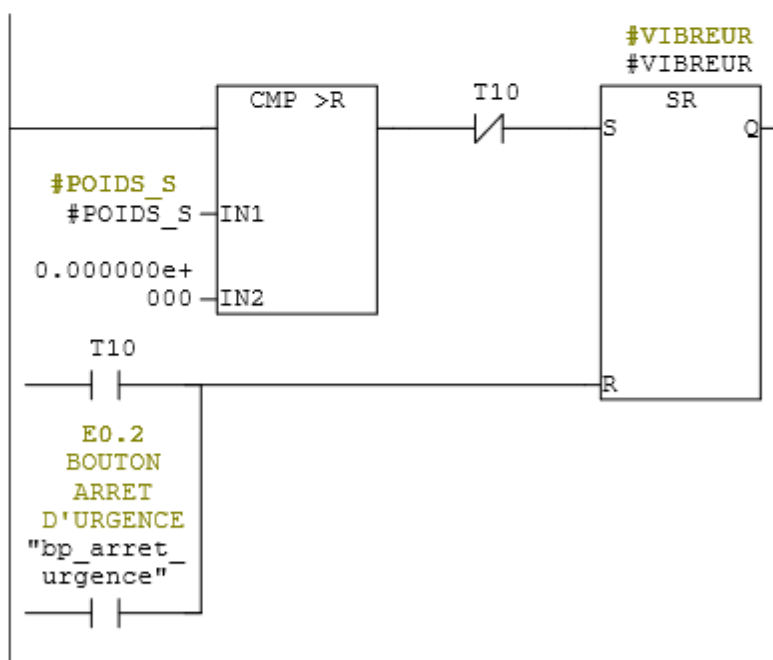
""

Nom :                                      Famille :  
 Auteur :                                    Version : 0.1  
     Version de bloc : 2  
 Horodatage Code :                      01/07/2024 16:23:54  
                                   Interface :    28/05/2024 11:51:03  
 Longueur (bloc/code /données locales) : 00170 00070 00000

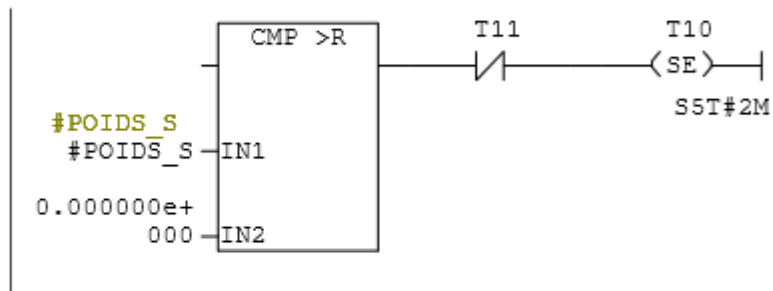
Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
IN		0.0	
POIDS_S	Real	0.0	
OUT		0.0	
VIBREUR	Bool	4.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Bloc : FC3 Vibreur

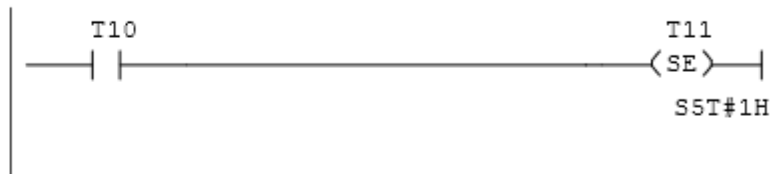
Réseau : 1



Réseau : 2



Réseau : 3



**FC4 - <offline>**

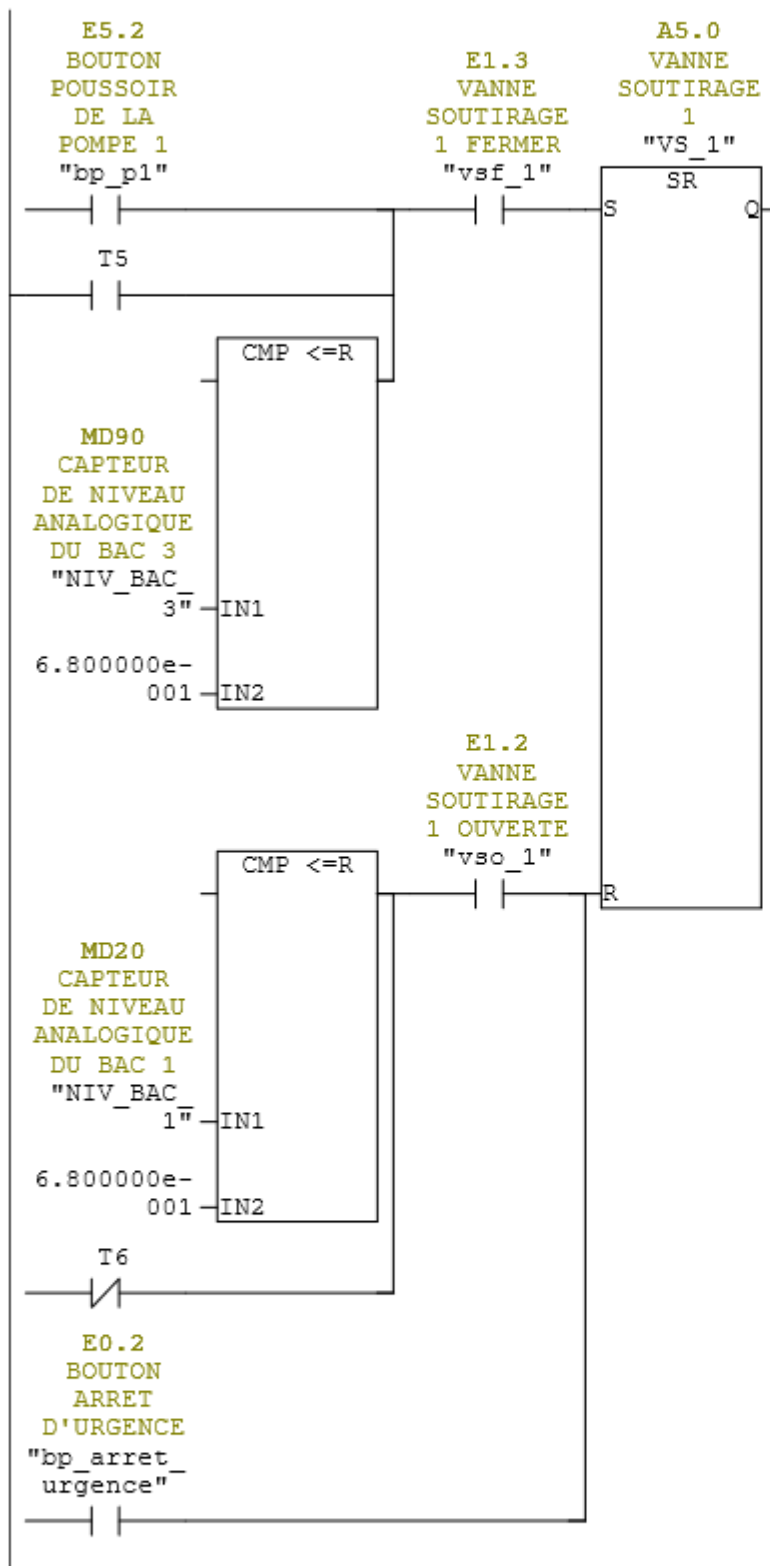
""

Nom :                                      Famille :  
Auteur :                                    Version : 0.1  
  Version de bloc : 2  
Horodatage Code :                      28/08/2024 14:31:19  
  Interface :    29/05/2024 11:02:08  
Longueur (bloc/code /données locales) : 00388    00276    00000

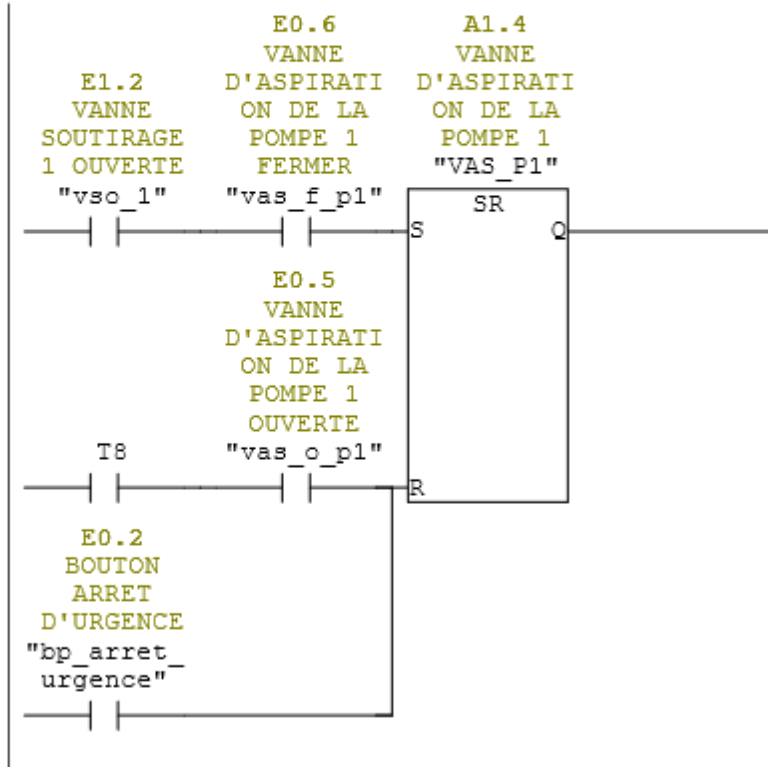
Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
IN		0.0	
OUT		0.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Bloc : FC4    Injection pompe1
--------------------------------

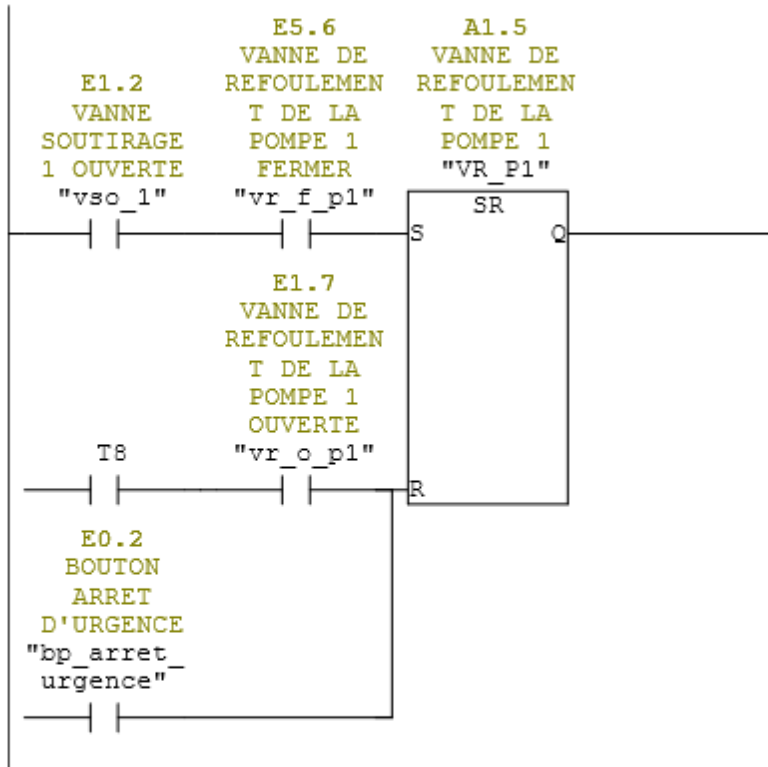
Réseau : 1



Réseau : 2

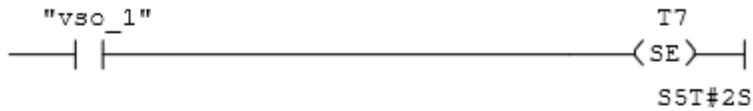


Réseau : 3 VANNE DE REFOULEMENT DE LA POMPE 1

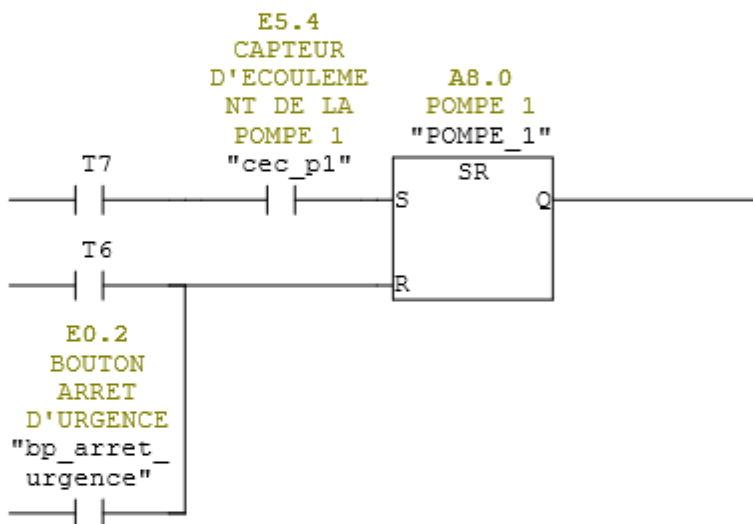


Réseau : 4

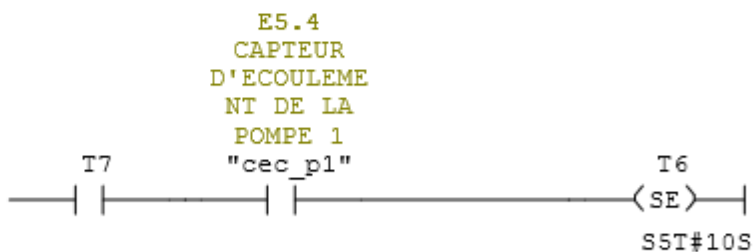
E1.2  
VANNE  
SOUTIRAGE  
1 OUVERTE  
"vso\_1"



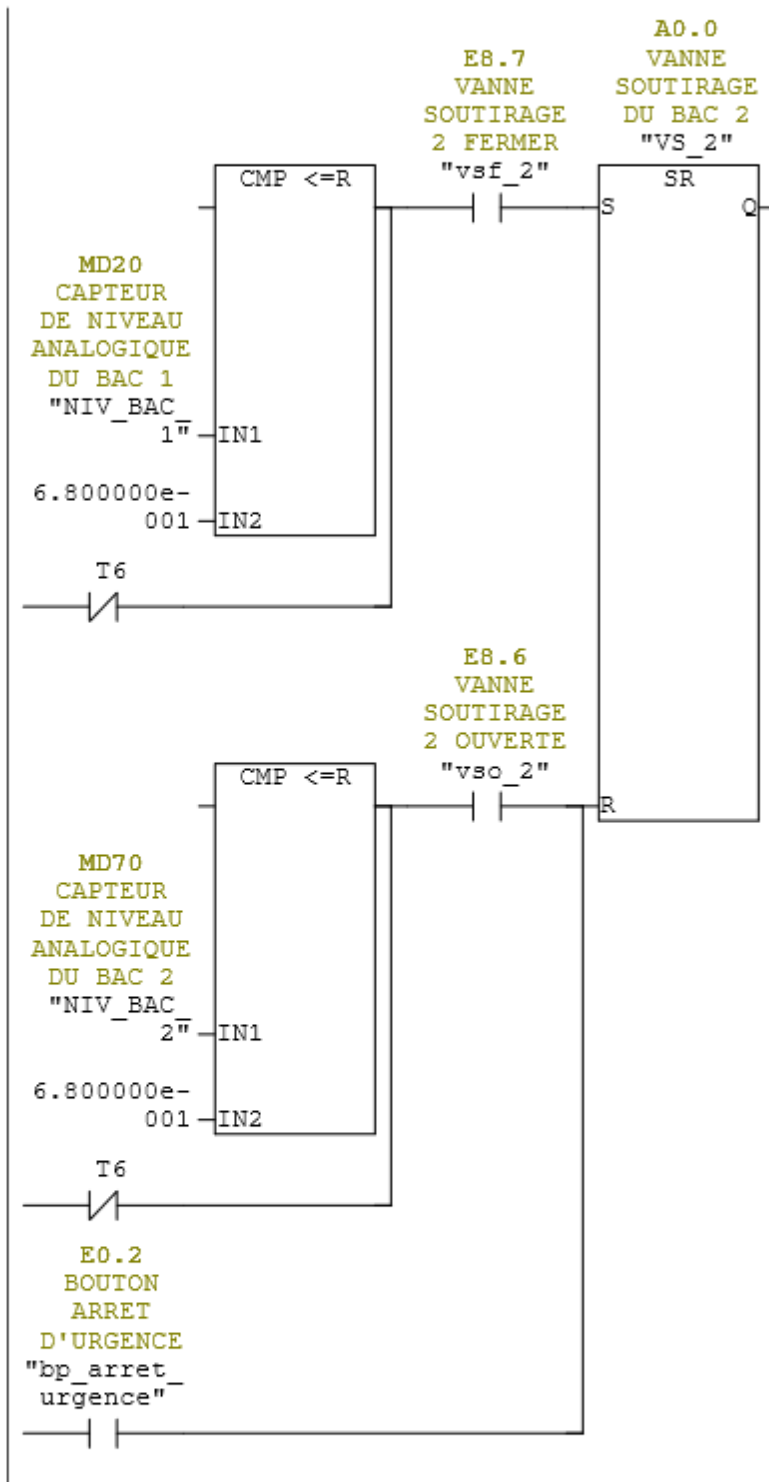
Réseau : 5 POMPES 1



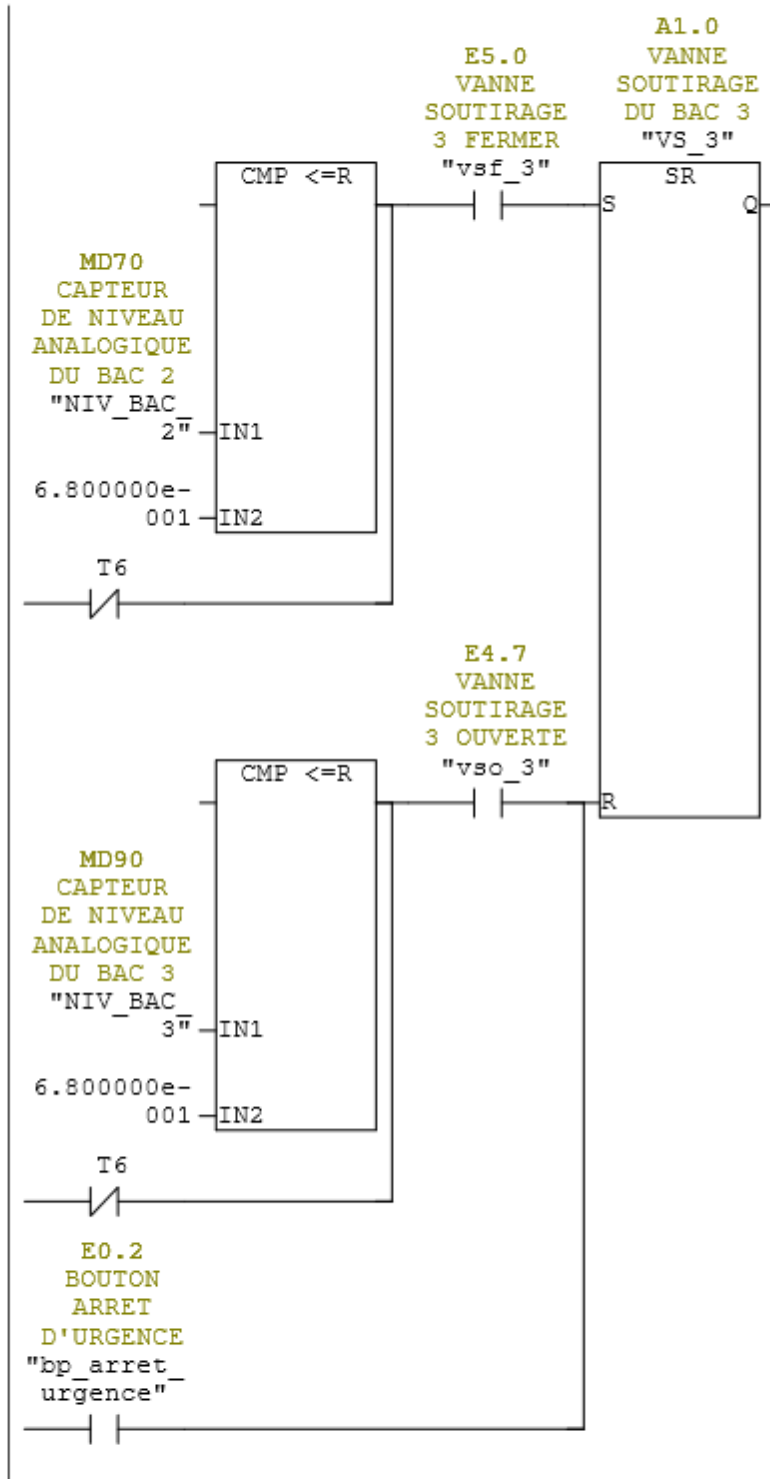
Réseau : 6



Réseau : 7



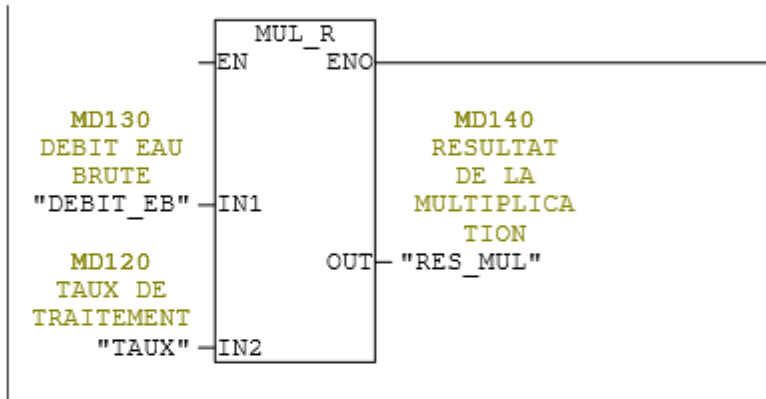
Réseau : 8



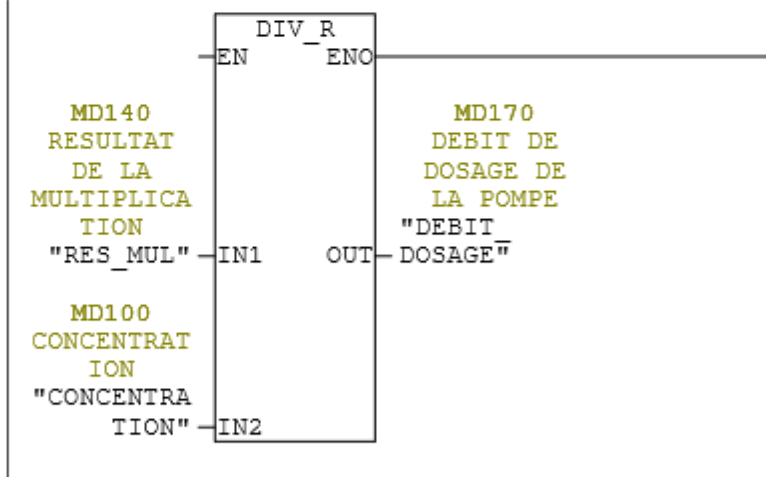
Réseau : 9



Réseau : 10

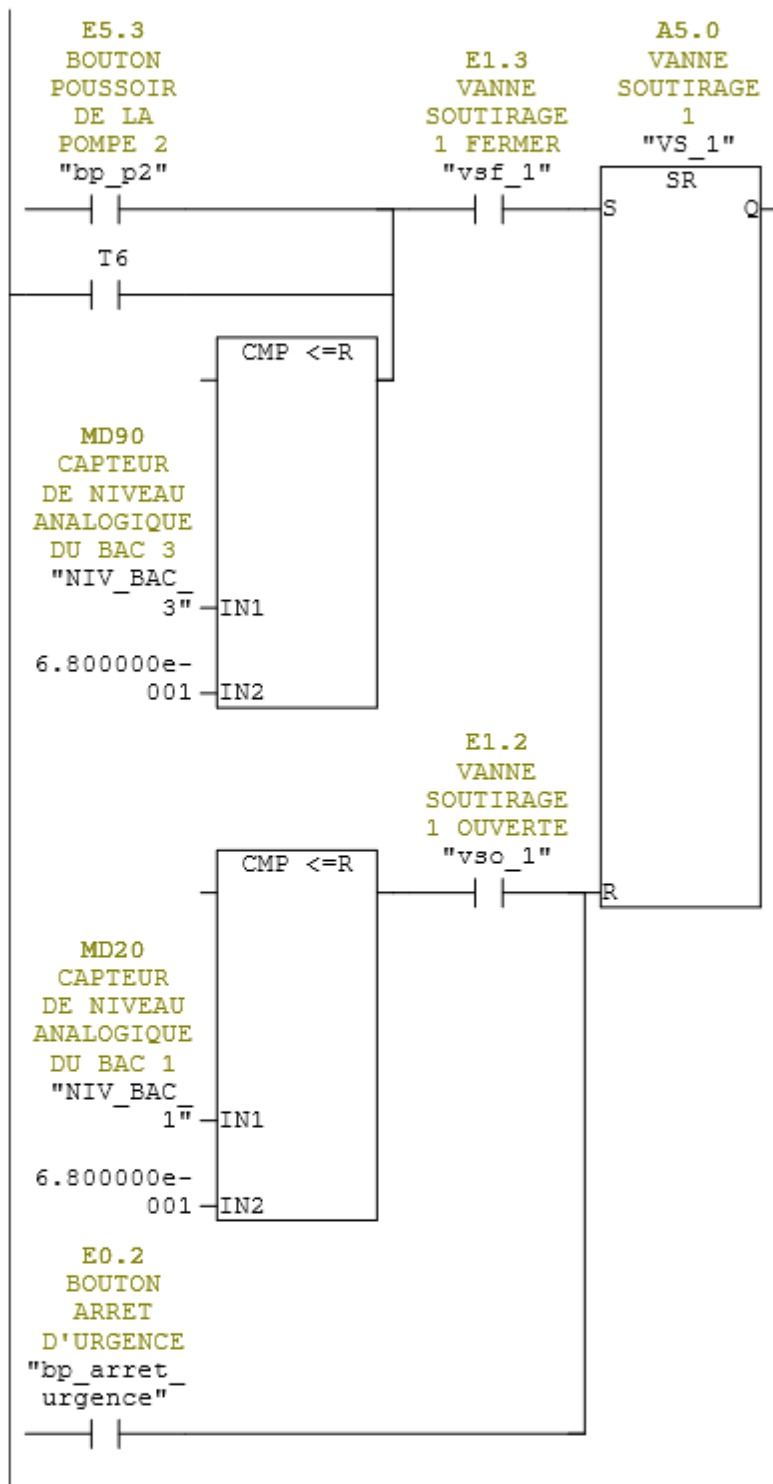


Réseau : 11

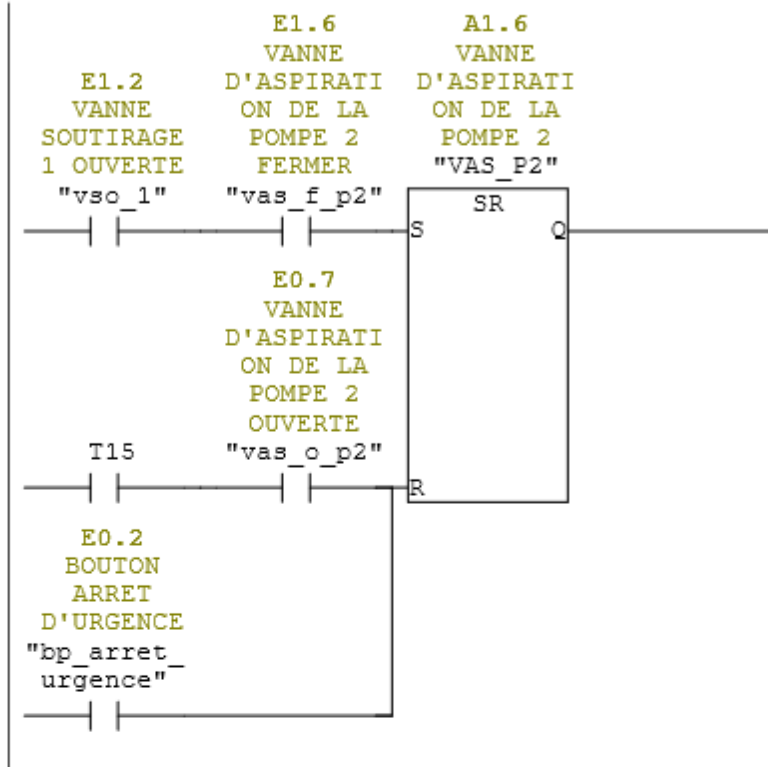




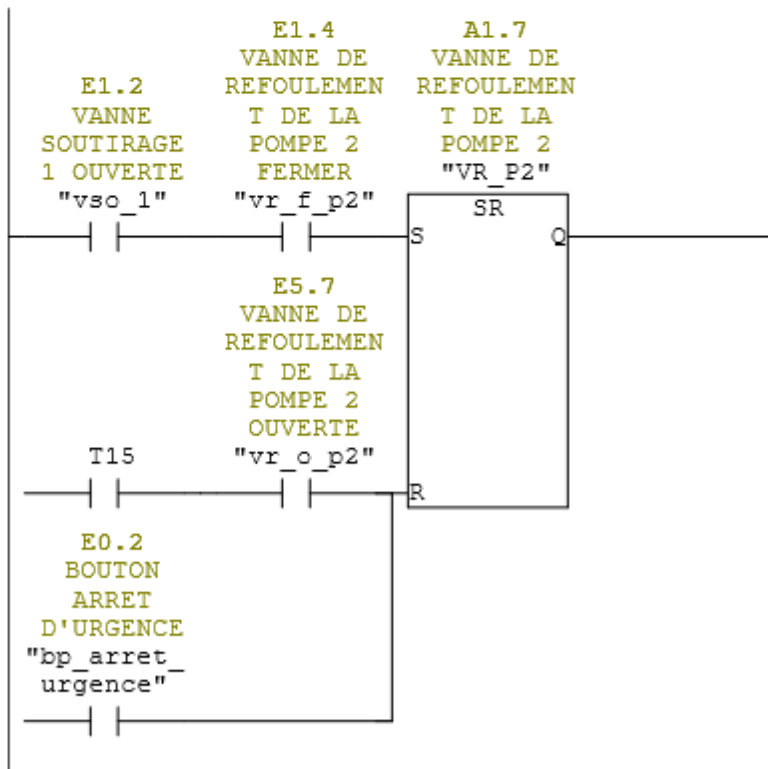
Réseau : 1



Réseau : 2



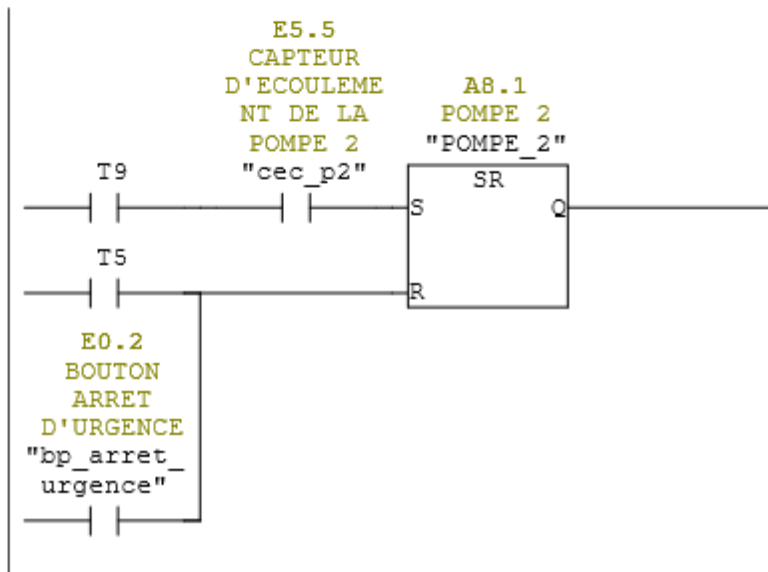
Réseau : 3



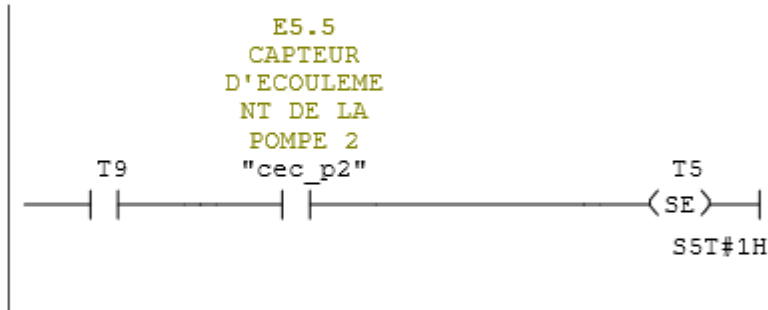
Réseau : 4



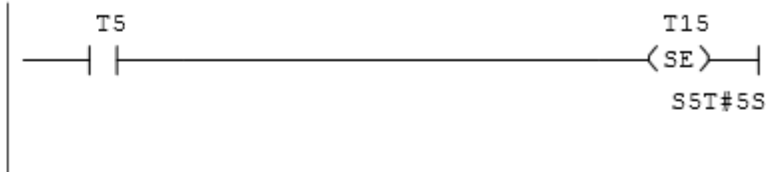
Réseau : 5



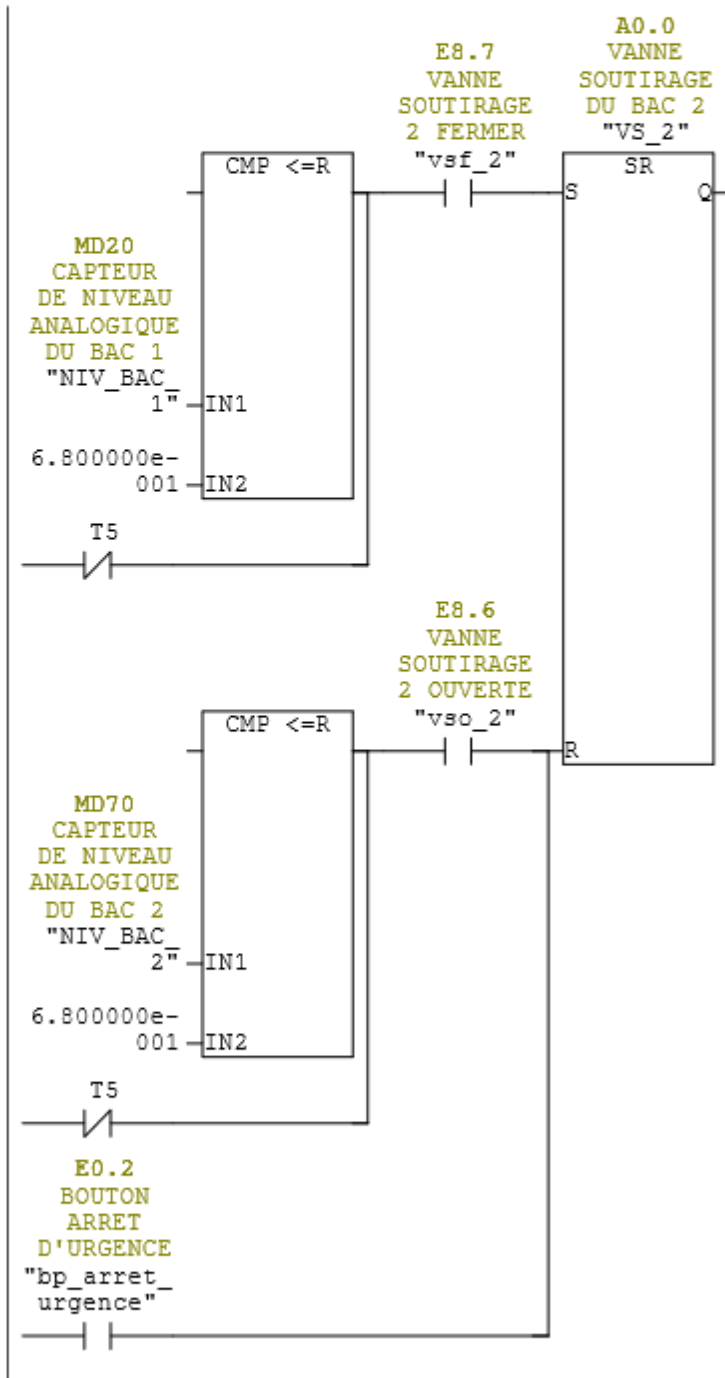
Réseau : 6



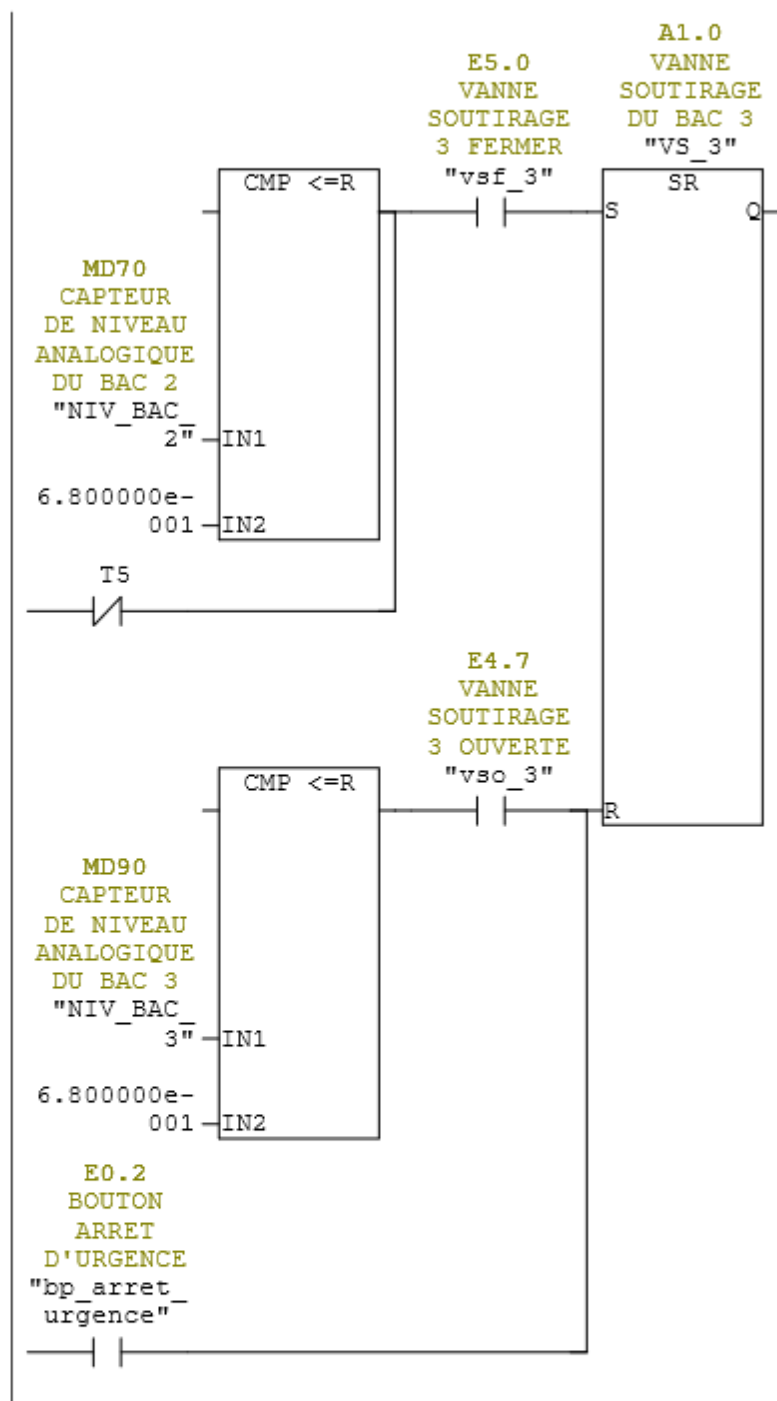
Réseau : 7



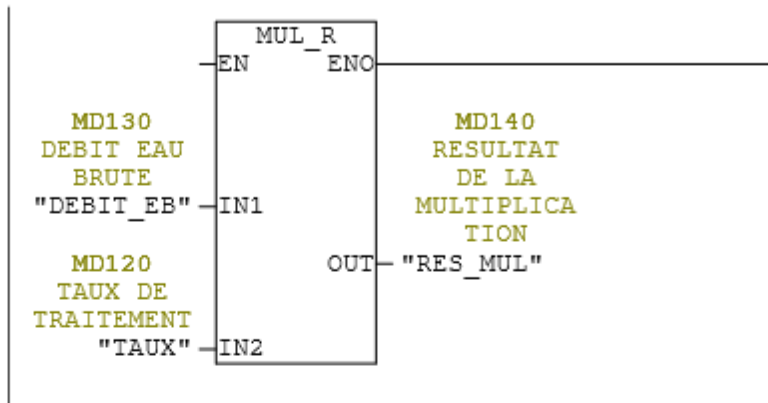
Réseau : 8



Réseau : 9



Réseau : 10



Réseau : 11

