

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne démocratique et populaire

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

جامعة سعد دحلب البليدة  
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا  
Faculté de Technologie

قسم الإلكترونيك  
Département d'Électronique



## Mémoire de Master

Mention Électronique

Spécialité Signaux en Ingénierie des Systèmes et Informatique Industrielle

présenté par

LEHAMEL Mohamed

&

BENCHEIKH Zakaria

# Mise en œuvre d'une gestion d'un synoptique de contrôle pour une station d'épuration des eaux usées

Proposé par : BENNILA Nourdine & BOUDIBA Tewfik

Année Universitaire 2015-2016

## Remerciements

---

Nous exprimons toute notre reconnaissance à notre promoteur Monsieur Nourdine BENNILA de l'Université SAAD DAHLEB BLIDA d'avoir bien voulu nous encadrer et le remercions vivement pour sa confiance, ses conseils et son précieux encadrement tout au long de ce travail.

Notre profonde gratitude et chaleureux remerciements à notre Co-promoteur Monsieur Tewfik BOUDIBA de Schneider Electric Algérie, pour son suivi, ses avis éclairés et tous les efforts consentis pour mener à bien nos missions de stages.

Nos vifs remerciements aux membres du Jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'examiner notre mémoire

Nos sincères remerciements aux employés de Schneider Electric Algérie pour leur chaleureux accueil, ainsi que pour la cordialité dont ils ont fait preuve tout au long de l'aventure contribuant ainsi à la réussite de notre stage.

Notre gratitude va à tous les enseignants de l'Université SAAD DAHLEB BLIDA, en particulier, notre professeur d'Automatisme pour les connaissances qu'ils nous ont transmis, leurs disponibilités et leurs efforts.

Nous remercions tout le personnel de notre département, de S.E.A et tous les étudiants du génie électrique.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail, qu'ils trouvent ici l'expression de notre sincère remerciement.

---

## ملخص:

إضافة أجهزة آلية لمحطة تنقية المياه يزيد من إنتاجية المحطة و يسهل مراقبتها. المراقبة و التحكم في هذه المحطة تتم عبر لوح إلكتروني يظهر المعلومات المهمة للمحطة و يبعت الإشارات للتحكم فيها. هدف هذا العمل هو إنجاز اللوح الإلكتروني باستعمال معدّات شنيدر إلكتروني. كلمات المفاتيح: محطة تنقية المياه، المراقبة و التحكم، مسير صناعي مبرمج.

---

## Résumé :

L'automatisation d'une station d'épuration d'eau permet d'améliorer les performances de l'installation, accroître la productivité et aider à sa surveillance.

Le contrôle et la commande d'une station d'épuration se fait a l'aide d'un synoptique qui permet de saisir et surveiller facilement tous les paramètres régissant le comportement du process. L'objectif de ce travail est la réalisation du synoptique décrit ci-dessus en utilisant les outils de développement Schneider Electric

**Mots clés :** Station d'épuration ; Contrôle et commande ; Synoptique.

---

## Abstract :

The automation of a water treatment plant is a necessary to improve performance, increase productivity and help to easy monitoring.

The control and command function of this process is performed through a synoptic which allow parameters display for surveillance and signal commands emission to operate the plant.

The goal of this work is to realize the above synoptic by use of Schneider Electric tools.

**Keywords :** Water treatment plant, Synoptic, Control and command.

---

# Table des matières

Introduction générale.....	1
<b>Chapitre 1 : Gestion d'un synoptique de supervision pour une station d'eau</b>	
1.1 Expression du besoin client .....	2
1.1.1 Conception matérielle: Reprendre le besoin client décrivant l'aspect matériel. ....	3
1.1.2 Liste des informations que demande le client à faire remonter sur le panneau.....	4
1.1.3 Liste des commandes pouvant-être exécuter sur le synoptique.....	4
1.2 Présentation de la solution .....	5
1.2.1 DESCRIPTION GENERAL.....	5
1.2.2 DISPOSITION DES VUES.....	5
1.2.3 ARCHITECTURE ET COMMANDABILITE .....	7
1.2.4 CONCEPTION .....	9
<b>Chapitre 2 : Mise en œuvre de la solution</b>	
2.1 Architecture matérielle .....	11
2.1.1 Choix du processeur .....	11
2.1.2 Alimentation.....	13
2.1.3 Modules d'entrées/sorties.....	13
2.1.4 Présentation de l'architecture matérielle.....	17
2.2 Protocole utilisés dans notre projet	
2.2.1 Modbus .....	18
a Principe de fonctionnement .....	19
b Structure des messages: .....	20
c Adressage.....	21
d Format général d'une trame.....	22
e Trame d'échange question/réponse.....	23
f PARAMETRAGE DE LA COMMUNICATION MODBUS .....	23
2.2.2 I/O Scanning .....	24
a Fonctionnement.....	24
b Paramètres de configuration pour établir la communication.....	25
2.3 Liste des informations.....	26
2.4 Conception des vues.....	27
2.4.1 Vue 1.....	27
2.4.2 Vue 2.....	28

2.4.3	Vue 3.....	29
2.5	Tables d'échanges.....	30
2.6	Programmation.....	31
<b>Chapitre 3 : Amélioration de la solution</b>		
3.1	SCADA system - SCADA Software - Supervision .....	32
3.2	Présentation Citect.....	32
3.3	Différence Entre le Pupitre et Supervision .....	33
Conclusion générale.....		34
Bibliographie.....		35

## Listes des acronymes et abréviations

FBD: Fonction Bloc Dérivé

E/S: Entrées/ Sorties

API: Automate programmable industriel

SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition

CSV: Comma-separated values

SMS: Short Message Service

MAST: tâche maître

TOR : Tout Ou Rien

STEP: Etape (en Anglais)

TBTF: Très Basse Tension Fonctionnelle

## Liste des figures

Figure 1.1 Architecture matérielle de la solution proposée

Figure 1.2 Pupitre

Figure 1.3 Panneau synoptique et son pupitre de commande

Figure 2.1 Bilan des trois alimentations choisies pour le rack et ces extensions

Figure 2.2 Architecture matérielle du synoptique

Figure 2.3 Fonctionnement du protocole Modbus

Figure 2.4 Structure de messages du protocole Modbus

Figure 2.5 Echange entre le maître vers un esclave dans le Modbus

Figure 2.6 Echange entre le maître tous les esclaves dans le Modbus

Figure 2.7 Format d'une trame de MODBUS en mode RTU

Figure 2.8 Format d'une trame de MODBUS en mode ASCII

## Liste des tableaux

Tableau 1.1 Liste des commande qui pouvant-être exécuté dans le synoptique

Tableau 2.1 Caractéristique du Processeur PRA 0100

Tableau 2.2 Caractéristique du module BMX DDI 6402 K

Tableau 2.3 Caractéristique du module BMX DDO 6402 K

Tableau 2.4 Caractéristique du module BMX AMO 0802 K

Tableau 2.5 La liste d'entrées / sorties

Tableau 2.6 Table d'échange TBTF

# Introduction générale

---

Les eaux usées ménagères, industrielles et agricoles sont acheminées jusqu'à la station d'épuration, qui se situe le plus souvent à l'extrémité d'un réseau de collecte. L'eau est alors en partie traitée avant d'être rejetées dans le milieu naturel. L'objectif de la station d'épuration n'est pas de rendre l'eau potable mais acceptable par la nature. Les eaux sales provenant des égouts sont tout d'abord filtrées pour éliminer les débris. En les laissant ensuite reposer, on peut facilement récupérer les graisses qui flottent et les particules solides qui coulent. Il ne reste qu'à introduire des bactéries dans les bassins, qui vont se nourrir des derniers déchets avant de couler. L'eau enfin propre peut retourner à la nature.

L'automate programmable industriel A.P.I est aujourd'hui le constituant le plus répandu pour réaliser des tâches complexes et autonomes, il joue un rôle prépondérant dans l'automatisation des process. On le trouve pratiquement dans tous les secteurs de l'industrie car il répond à des besoins d'adaptation et de flexibilité pour un grand nombre d'opérations. Cette émergence est due en grande partie, à la puissance de son environnement de développement et aux larges possibilités d'interconnexions.

Dans le but de télégestion technique d'une station d'épuration, Schneider Electric nous a proposé la réalisation d'un synoptique de contrôle/commande et son programme de gestion.

Cette solution sera à base d'automate Schneider : Modicon M340 Ethernet.

# Chapitre 1 Gestion d'un synoptique de supervision pour une station d'eau

---

## 1.1 Expression du besoin client

### 1.1.1 Conception matérielle: Reprendre le besoin client décrivant l'aspect matériel.

Le synoptique de la station d'épuration doit-être du type Mosaïque 24\*24 mm ou 25\*25mm en matière plastique d'un ordre de grandeur avoisinant 4\*2 m dans un cadre extérieur en aluminium où il sera monté sur un pupitre comprenant tous les organes de commande (ampèremètres, compteurs horaires 24\*48 mm à affichage à 5 chiffres au moins) aux emplacements correspondants, il comprendra aussi la représentation des différents ouvrages de la station d'épuration et toutes les conduites qui les relient entre eux avec plusieurs couleurs ainsi que tous les organes de fonctionnement.

Tous les bâtiments, conduites, réservoirs,... etc. doivent-être prévus avec contour et des emplacements de réserves sont à prévoir. Pour le réservoir, le passage d'une couleur à une autre doit se faire d'une façon uniforme et continue.

Le synoptique permettra la signalisation visuelle des différents états de fonctionnement (En service -Hors service) et de défauts avec diodes LED de couleurs différentes :

- VR: voyant rouge;
- VB: voyant blanc;

- VV: Voyant vert ;
- VRV: voyant variable rouge/vert ;

D'où la commande de toutes les lampes se fera directement du système de commande programmable.

L'ensemble du synoptique est prévu fixe, et chaque intervention se fera par l'arrière à fin de permettre le montage et le raccordement de l'appareillage électrique nécessaire à son fonctionnement. Le pupitre ainsi que le synoptique doivent être complètement raccordés et alimentés par des fiches multiples. La tension d'alimentation du circuit signalisation est prévue en 24V courant continu (DC).

### **1.1.2 Liste des informations que demande le client à faire remonter sur le panneau.**

C'est la liste qui nous permet de s'informer sur l'état des différents ouvrages de la station d'épuration à partir de leurs représentations sur le synoptique et qui comprennent les indications suivantes:

Chaque équipement doit avoir:

- 2 VRV défaut/marche
- 2 VB marche non automatique
- 1 VR défaut mesure
- 1 VR niveau très haut (pour pompes)
- 1 VR Arrêt urgence

### **1.1.3 Liste des commandes pouvant-être exécuter sur le synoptique.**

C'est la liste des commandes qui nous permet d'agir sur les différents organes de fonctionnement de la station qui seront représentés (remontés) sur le pupitre, ce dernier comprendra en détail les équipements suivants:

(SMA: Sélecteur manuel - 0 Automatique; BM: Bouton-poussoir Marche; BA: Bouton-poussoir Arrêt; BAU: Bouton-poussoir Arrêt urgence; BAK: Bouton-poussoir Arrêt Klaxon; BAD: Bouton-poussoir Acquiescement défaut; BEL: Bouton-poussoir Essai lampes de synoptique).

- 1 SMA,
- 1 BM,
- 1 BA,
- 1 Afficheur numérique,
- 1 compteur horaire.

<b>Alimentation électrique Grappin</b>	<b>100-TP-01</b>	<b>voyant VRV + VB + 1 BM+ 1BA</b>
<b>Mesure de débit bypass STEP</b>	<b>100-FIT-02</b>	<b>Afficheur</b>
Sortie relais défaut		Rien
<b>Préleveur échantillon bypass STEP</b>	<b>100-JA-01</b>	Rien
<b>Mesure niveau différentiel dégrilleur vertical 1</b>	<b>100-LIT-01</b>	<b>Afficheur</b>
<b>Mesure niveau différentiel dégrilleur vertical 2</b>	<b>100-LIT-02</b>	<b>Afficheur</b>
Niveau bas amont dégrilleur	<b>100-LSLL-01</b>	Rien
<b>Mesure de gaz</b>	<b>100-AIT-03</b>	<b>VR pour niveau alarme</b>
Sonde H2S	<b>100-AIT-01</b>	
Sonde CH4	<b>100-AIT-02</b>	
Klaxon pour alarme gaz	<b>100-AIS-02</b>	
Feu clignotant pour alarme gaz	<b>100-AIS-01</b>	
<b>Dégrillage vertical arrivée STEP 1</b>	<b>100-SD-01a</b>	<b>un ensemble voyant VRV + VB + 1 BM + 1BA + compteur horaire</b>
<b>Centrale hydraulique pour godet dégrilleur 1</b>	<b>100-SD-01b</b>	
<b>Frein moteur 1</b>	<b>100-FR-01</b>	
Fin de course godet ouvert	<b>100-FC-01a</b>	
Fin de course godet fermé	<b>100-FC-01b</b>	
limiteur de couple	<b>100-LC-03</b>	
Fin de course haut	<b>100-FC-02</b>	
Fin de course bas droit	<b>100-FC-03a</b>	
Fin de course bas gauche	<b>100-FC-03b</b>	
EV fermeture godet	<b>100-EV-08a</b>	
EV ouverture godet	<b>100-EV-08b</b>	

**Tableau 1.1 Liste des commande qui pouvant-être exécuté dans le synoptique**

## **1.2 Présentation de la solution**

### **1.2.1 DESCRIPTION GENERAL**

Ce document décrit les spécifications qui s'appliquent à la fourniture du matériel d'affichage du synoptique pour la supervision de la station de traitement De Mostaganem.

### **1.2.2 DISPOSITION DES VUES**

Le système d'affichage représentera l'ensemble des ouvrages de la station d'épuration de Mostaganem.

#### **a Vue 1**

Cette vue regroupera les équipements :

- De la fosse à batard,
- Du dégrillage grossier,
- Du relevage,
- Du dégrillage fin,
- Des dessableurs déshuileur y compris les surpresseurs,
- De la fosse à graisse,
- De la fosse à sable
- Des décanteurs primaires 1 & 2,
- De pompage des boues primaires

#### **b VUE 2**

Cette vue regroupera les équipements :

- Des bassins d'aération 1 & 2,
- De la bêche de reprise des écumes,
- Des bassins de clarification 1 & 2,
- De la fosse à écume,
- Du pompage des boues recirculées,
- Du bassin de désinfection final y compris le stockage de l'eau de Javel,

### **c VUE 3**

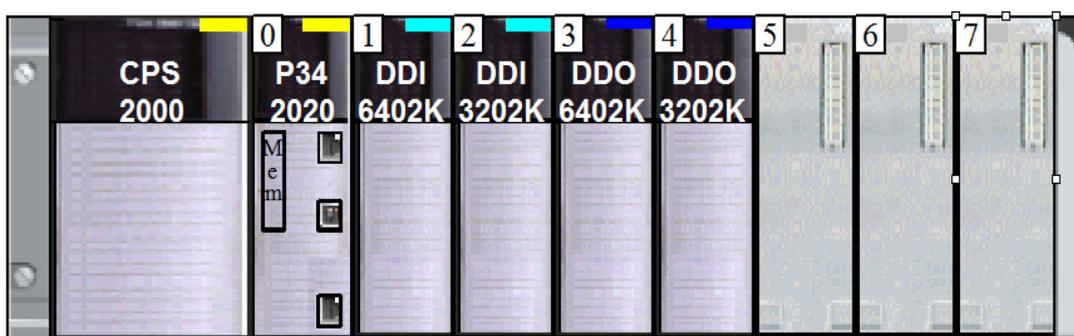
Cette vue regroupera les équipements :

- Du silo épaisseur,
- Du bassin de stabilisation des boues,
- Du poste toutes eaux,
- Des lignes de déshydratation des boues,
- De la désodorisation.

### 1.2.3 ARCHITECTURE ET COMMANDABILITE

La gestion des synoptiques se fera à travers un automate de type M340 de marque Schneider. Il sera relié au server de supervision, il permettra de piloter tous les organes d'affichage des différents panneaux et aussi de faire passer les commandes depuis le pupitre vers les automates. Le rack sera composé de:

- Module CPU M340 BMXP342020.
- Module d'alimentation P34 2020.
- Module 64 entrées isolées BMX DDI 6402K
- Module 32 entrées isolées BMX DDI 3202K
- Module 64 sorties statiques protégées BMX DDO 6402K
- Module 32 sorties statiques protégées BMX DDO 3202K



*Figure 1.1 Architecture matérielle de la solution proposée*

### **a HIERARCHISATION**

La prise en main de la commande à partir du pupitre se fera au travers d'un commutateur à clefs qui permet d'activer les commandes depuis ce dernier. Cette prise en main concernera chaque panneau individuellement.

La commande depuis le pupitre est prioritaire à celles des automates et du poste opérateur supervision. Elle ne permet pas de bypasser le mode local si ce dernier est activé au niveau d'un équipement.

### **b COMMANDABILITE**

L'opérateur au travers du pupitre pourra commander uniquement un ensemble d'équipement ou de ligne de traitement et ce conformément aux exigences de la notice de fonctionnement.

Chaque groupe d'équipement au niveau du pupitre aura :

- 1 BM – Bouton poussoir marche,
- 1 BA – Bouton poussoir d'arrêt,

#### **Exemple :**

Une commande de dégrillage grossier aura action à la fois sur les dégrilleurs grossiers, la vis de compactage, le tapis convoyeur.

### **c SIGNALISATION**

Chaque équipement aura sa propre signalisation. Cette dernière sera installée au niveau des panneaux, elle comprendra selon la nature d'information :

- Un voyant VRV pour l'état marche/Défaut (Vert en marche, Rouge défaut, éteint arrêt),
- Un voyant VR pour seuil atteint, défaut de mesure, et arrêt d'urgence activée
- Un voyant VB pour marche automatique,
- Un afficheur numérique pour les mesures (quand elles sont disponibles),
- Un compteur horaire à 5 chiffres.

## 1.2.4 CONCEPTION

Ci-après un exemple de panneau synoptique avec son pupitre de commande.

### *a PUPITRE*

Le pupitre est un assemblage en tôle d'acier 15/10mm d'épaisseur avec un revêtement poudre époxy-polyester en gris.



**Figure 1.2 Pupitre**

### *b CADRE ET SYSTEME DE FIXATION*

L'ensemble est en Aluminium ayant une haute résistance à l'oxydation et de couleur blanc lustré effet métal.

### *c CARREAU MOSAÏQUE*

Les carreaux sont en polycarbonate, de dimension 24x24mm, finition gris-beige. Avec comme caractéristique :

- Température de fonctionnement 130° C,
- Stabilité dimensionnelle à 147° C,
- Haute résistance à crach/impact,
- Haute résistance aux UV,
- Antidéflagrant UL94-V0.

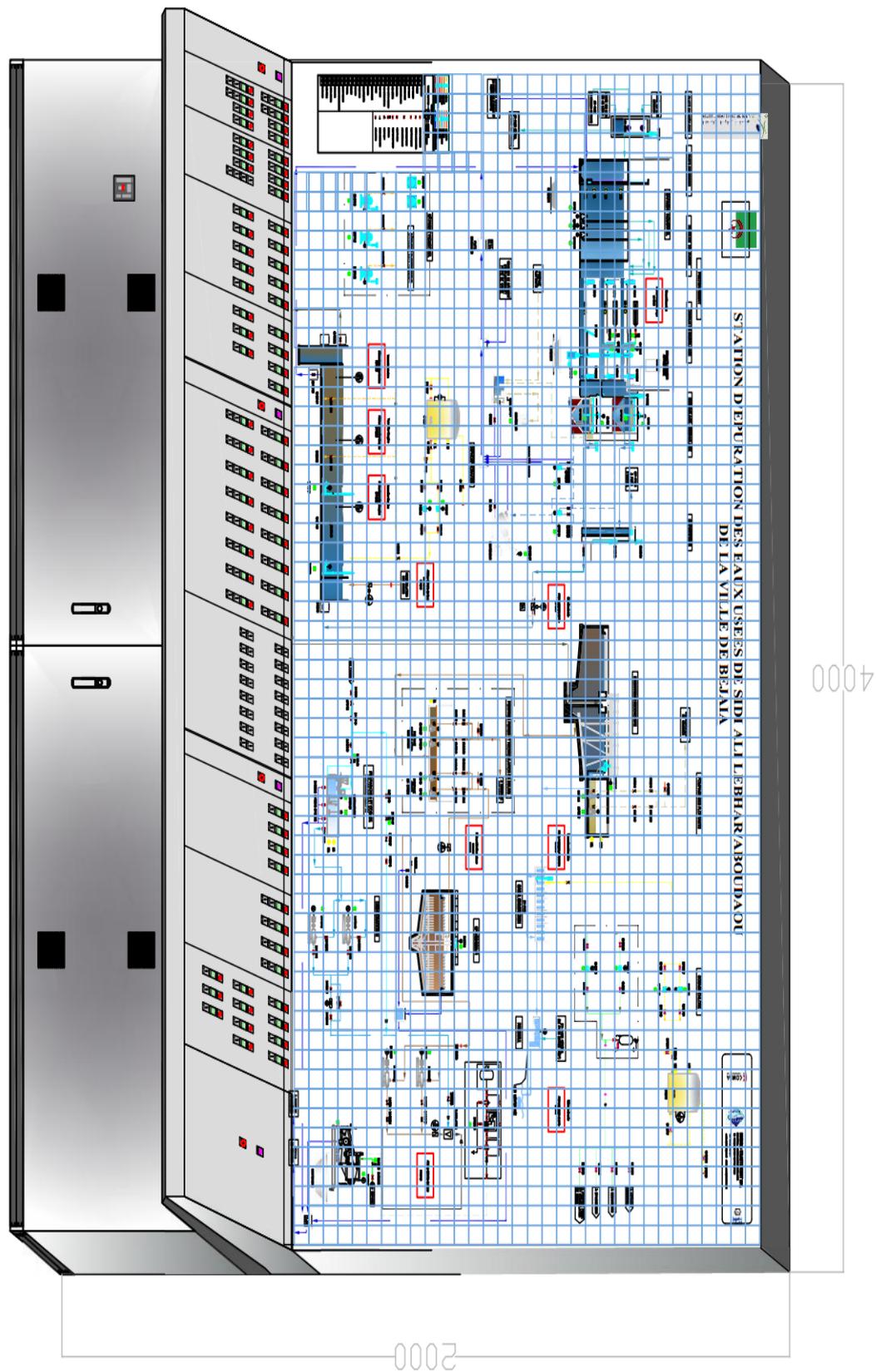


Figure 1.3 Panneau synoptique et son pupitre de commande

## Chapitre 2 Mise en œuvre de la solution

---

### 2.1 Architecture matérielle

#### 2.1.1 Choix du processeur :

Il peut être simple ou double format, il occupe respectivement une ou deux adresses. Il gère l'ensemble d'une station automate constituée de :

- Modules d'entrées/de sorties TOR ;
- Modules d'entrées/de sorties analogiques ;
- Qui peuvent être répartis sur un ou plusieurs racks connectés au bus X.

Le nombre d'entrées/sorties pouvant être gérés diffère d'un processeur à un autre, donc il faut savoir le nombre d'entrées/sorties dont on a besoin avant de choisir notre processeur. Ces derniers sont définis par la liste d'E/S et représentées dans le tableau ci-dessous :

Type	DO	DI	AO
VRV	240	-	-
VR	22	-	-
VB	117	-	-
Afficheur	-	-	49
Compteur	119	-	-
BM	-	125	-
BA	-	120	-
Total	498	245	49
	10	5	9
	Module 64S	Module 64E	Module 8SANA

Le choix du processeur est la première étape à réaliser pour créer une application (programme), pour ce faire il faut :

- Choisir la plate-forme : Premium, Modicon ou Quantum (non interchangeable), Modicon M340 pour notre cas.
- Choisir le type de processeur: BMX PRA 0100, le choix de ce module tombe sur son coût, qui est le moins chère par rapport aux autres CPU, Et pour sa suffisance (capacité) pour notre besoin.

Une station d'E/S distantes Modicon M340 équipée d'un module BMX PRA 0100 affiche les caractéristiques suivantes :

Le tableau suivant présente les caractéristiques générales du module BMX PRA 0100 :

Caractéristiques			Disponible
Fonctions	Nombre maximum de	Entrées/sorties numériques en rack	1024
		Entrées/sorties analogiques en rack	256
		Voies Ethernet	2
		Bus de terrain AS-i	0
	Nombre maximum de modules	USB	0
		Port de ligne série Modbus intégré	0
		Port Ethernet intégré	1
	Horodateur sauvegardable		Oui
Capacité mémoire des données d'application sauvegardables			96 Ko
Structure de l'application	Tâche MAST		1
	Traitement des événements		0
Temps d'exécution	1 instruction booléenne de base		0,12 µs
	1 instruction numérique de base		0,17 µs

**Tableau 2.1 Caractéristique du Processeur PRA 0100**

L'absence d'une carte réseau dans PRA 0100 nécessite alors l'ajout d'un module de communication, pour cela on a rajouté ce dernier afin qu'on puisse faire une communication modbus NOE 0100.2.

## 2.1.2 Alimentation

Le choix d'une alimentation dépend de sa puissance maximale à supporter, donc notre choix d'alimentations était basé sur leurs bilans de puissances qui ne devaient pas dépasser les 80%, afin qu'on puisse respecter les exigences définies par le client 20% de puissance réservée.

Dans chaque rack, on a mis en place l'alimentation adéquate à ce dernier, d'où leurs bilans sont représentés dans les figures suivantes:

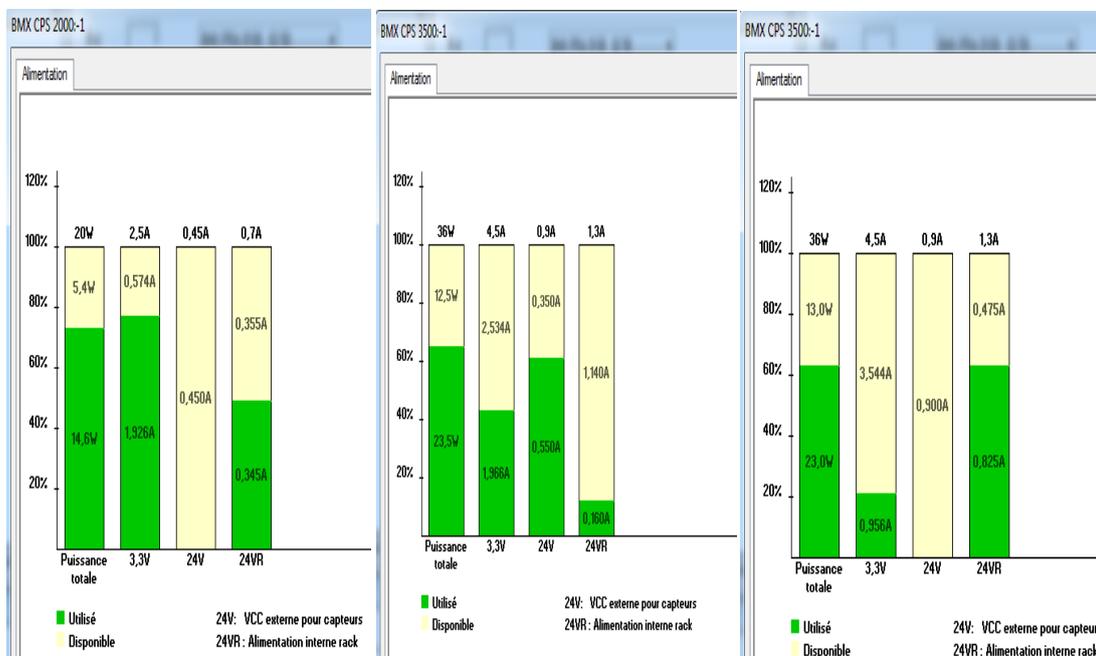


Figure 2.1 Bilan des trois alimentations choisies pour le rack et ses extensions

## 2.1.3 Modules d'entrées/sorties

D'après le tableau précédent, on a placé dans notre rack:

- 10 modules DDO 6402K pour les sorties TOR;
- 5 modules DDI 6402K pour les entrées TOR;
- 9 modules AMO 0802 pour les sorties ANA;

Le choix du nombre de modules était basé sur l'exigence du client (20% de réserve dans chaque module).

**a BMX DDI 6402 K**

Le module BMX DDI 6402 K est un module TOR 24 V cc relié via deux connecteurs 40 broches. Il s'agit d'un module à logique positive : ses 64 voies d'entrée reçoivent du courant venant des capteurs. Le tableau ci-après présente les caractéristiques générales du module BMX DDI 6402 K.

Module BMX DDI 6 402 K		Entrées 24 VCC logique positive	
Valeurs nominales d'entrée		Tension	24 VCC
		Courant	1 mA
Valeurs limites d'entrée	A 1	Tension	≥ 15 V
		Courant	> 1 mA (pour U ≥ 15 V)
	A 0	Tension	5 V
		Courant	< 0,5 mA
	Alimentation du capteur (ondulation incluse)		19 à 30 V (possible jusqu'à 34 V, limitée à 1 heure par jour)
	Temps de réponse	typique	4 ms
maximum		7 ms	
Résistance d'isolement		>10 MΩ (sous 500 VCC)	
Type d'entrée		Puits de courant	
Fiabilité	MTBF pour un fonctionnement en continu en heures à température ambiante (30°C) (86°F)	342 216	
Tension des capteurs : surveillance du seuil	OK	> 18 V	
	Défaut	< 14 V	

**Tableau 2.2 Caractéristique du module BMX DDI 6402 K**

**b BMX DDO 6402 K**

Le module BMX DDO 6402 K est un module TOR 24 V cc relié via deux connecteurs 40 broches. Il s'agit d'un module à logique positive : ses 64 voies de sortie fournissent du courant aux pré-actionneurs. Le tableau ci-après présente les caractéristiques générales du module BMX DDO 6402 K.

Module BMX DDO 6402 K		Sorties statiques 24 VCC logique positive
Valeurs nominales	Tension	24 VCC
	Courant	0,1 A
Valeurs limites	Tension (ondulation incluse)	19 à 30 V (34 V possible pendant 1 heure par jour)
	Courant/voie	0,125 A
	Courant/module	6,4 A
Impédance de charge	Minimum	220 $\Omega$
Temps de réponse (1)		1,2 ms
Temps de surcharge max avant dégâts internes		15 ms
Fiabilité	MTBF pour un fonctionnement en continu en heures à température ambiante (30°C) (86°F)	159 924
Tension des pré-actionneurs : surveillance du seuil	OK	> 18 V
	Défaut	< 14 V
Consommation 24 V pré-actionneur (hors courant de charge)	typique	92 mA
	maximum	127 mA
Puissance dissipée		6,85 W max.
Résistance d'isolement		>10 M $\Omega$ (sous 500 VCC)

**Tableau 2.3 Caractéristique du module BMX DDO 6402 K**

**c BMX AMO 0802 K**

Le module BMX AMO 0802 est un module analogique à sorties à haute densité, doté de huit voies isolées. Il offre pour chacune d'entre elle, les plages de courant suivantes:

- 0 à 20 mA
- 4 à 20 mA

Les caractéristiques générales des modules BMX AMO 0802 sont les suivantes :

<b>Types de sorties</b>		Sorties de haut niveau non isolées avec point commun
<b>Nature des sorties</b>		Courant
<b>Nombre de voies</b>		8
<b>Résolution de convertisseur numérique/analogique</b>		16 bits
<b>Temps de rafraîchissement des sorties</b>		4 ms
<b>Alimentation des sorties</b>		par le module
<b>Types de protection</b>		Sorties protégées contre les courts-circuits et les surcharges permanentes
<b>Isolement :</b>		
1. entre voies		1. Non isolées
2. entre voies et bus		2. 1 400 VCC
3. entre voies et terre		3. 1 400 VCC
<b>Erreur de mesure pour le module standard :</b>		
A 25°C (77°F)		0,10 %
<b>Maximum dans la plage de températures de 0 à 60°C</b>		0,25 %
<b>Consommation (3,3 V)</b>	Par défaut	0,35 W
	Maximum	0,48 W
<b>Consommation (24 V)</b>	Par défaut	3,40 W
	Maximum	3,70 W

**Tableau 2.4 Caractéristique du module BMX AMO 0802 K**

## 2.1.4 Présentation de l'architecture matérielle

La figure ci-dessous, représente l'architecture matérielle de notre application, et qui répond à nos besoins pour la mise en œuvre de la solution.

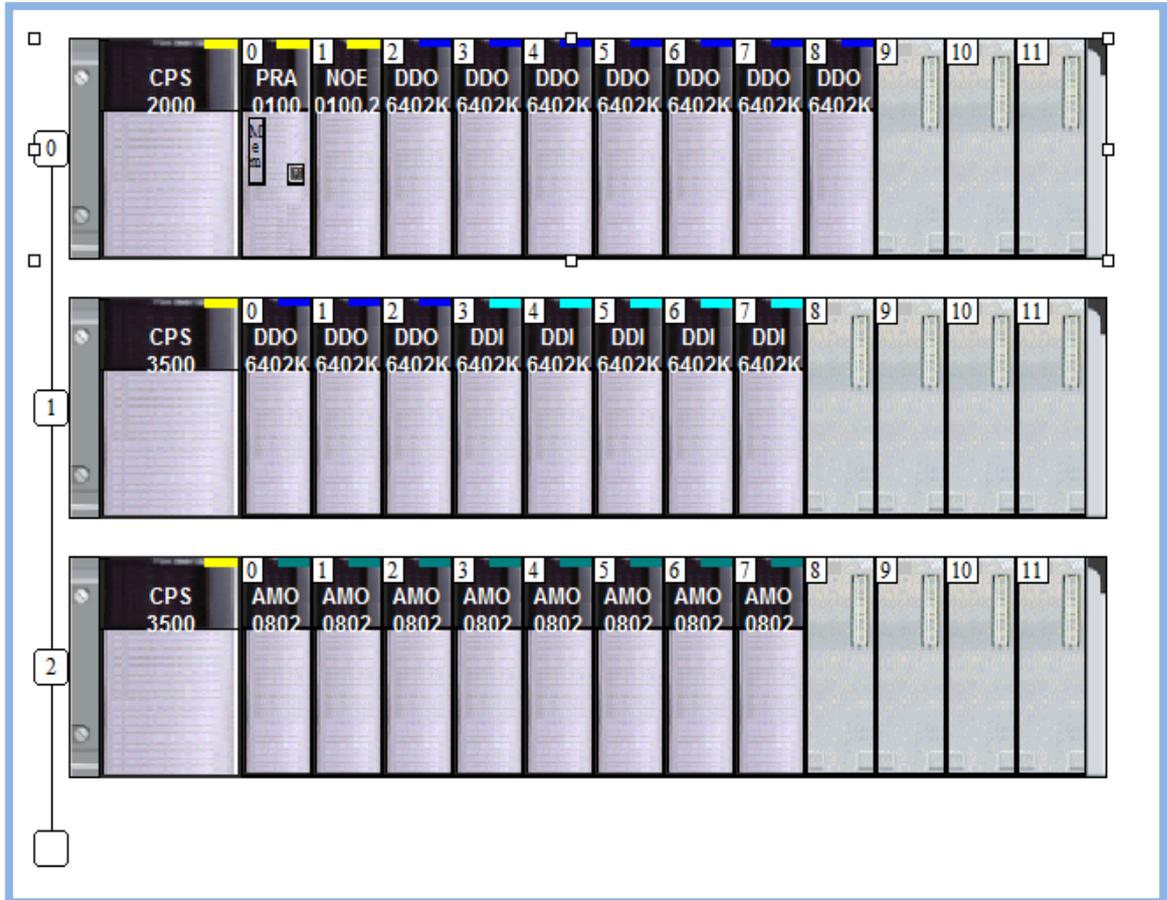


Figure 2.2 Architecture matérielle du synoptique

## 2.2 Protocoles utilisées

### 2.2.1 Modbus

Le protocole industriel Modbus a été développé en 1979 pour permettre la communication entre des matériels d'automatisation. Implémenté à l'origine comme un protocole au niveau applicatif destiné au transfert de données sur une couche de communication série, il s'est développé pour inclure des implémentations sur la couche série, via TCP/IP et sur le protocole UDP (User Datagram Protocol). Le Modbus se décompose en deux parties : la couche application et le traitement en réseau sous-jacent. La couche application constitue le cœur du protocole ; c'est elle qui détermine la plupart des contraintes de conception.

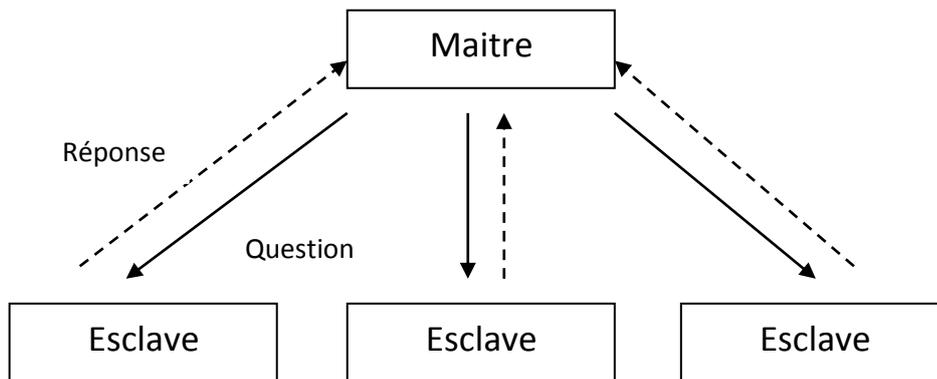
Le Modbus est un protocole de communication utilisé pour des réseaux d'automates programmables (API). Il fonctionne sur le mode maître / esclave.

Le protocole Modbus peut être implémenté :

- sur une liaison série asynchrone de type RS-422 ou RS-485 ou TTY (boucle de courant), avec des débits et sur des distances variables ;
- via TCP/IP sur Ethernet ; on parle alors de Modbus TCP/IP ;
- via Modbus Plus. Modbus Plus est un réseau à passage de jetons, pouvant transporter les trames Modbus et d'autres services propre à ce réseau.

### **a Principe de fonctionnement**

Le Modbus<sup>2</sup> est un protocole de communication utilisé pour des réseaux d'automates programmables (API). Il est basé sur une structure hiérarchisée entre un maître et plusieurs esclaves.

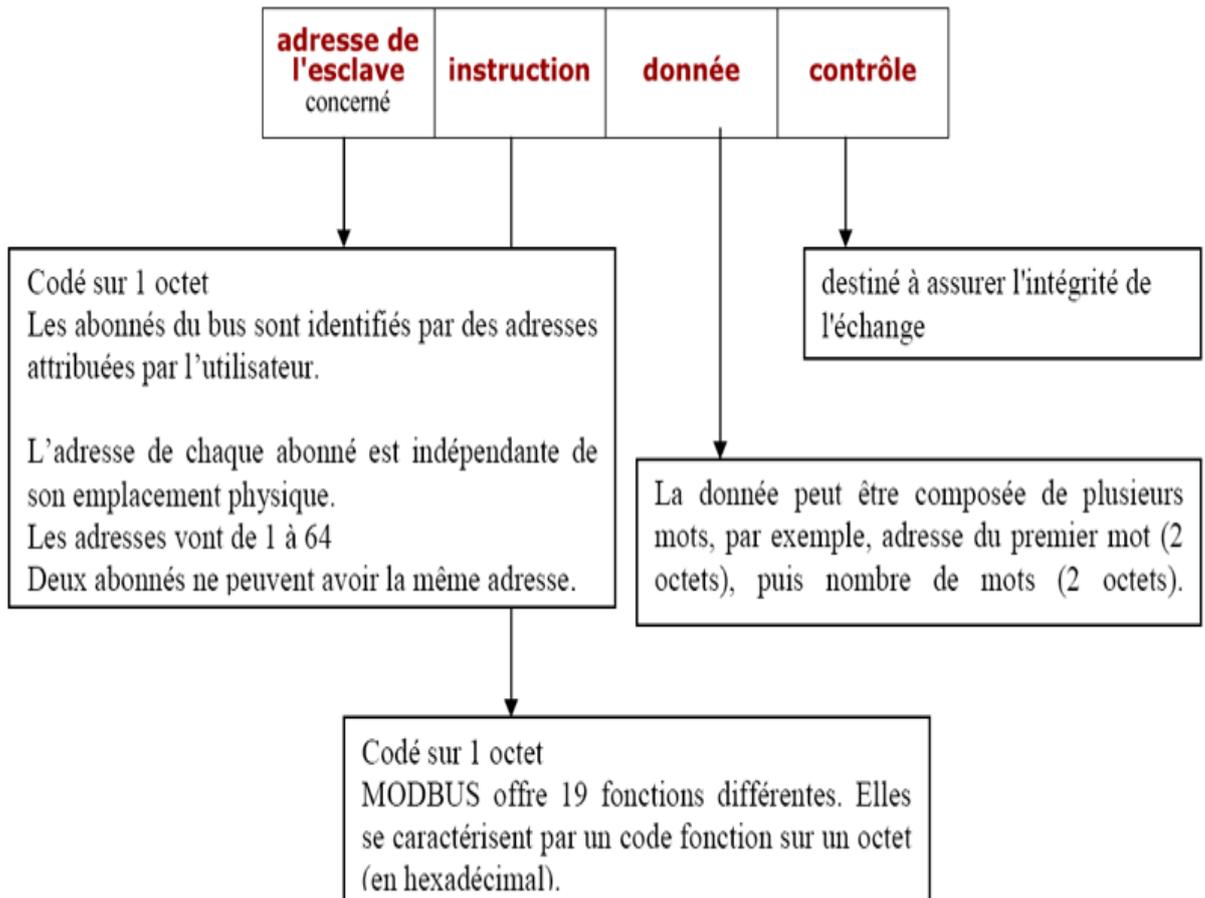


**Figure 2.3 Fonctionnement du protocole Modbus**

Le bus modbus est composé d'une station Maître et de stations esclaves. Seule la station Maître peut être à l'initiative de l'échange (la communication directe entre stations Esclaves n'est pas réalisable). Le maître peut s'adresser aux esclaves individuellement ou envoyer un message de diffusion générale à tous les esclaves. Les esclaves renvoient un message (réponse) aux requêtes qui leur sont adressées individuellement. Les requêtes de diffusion générale n'attendent pas de réponses en retour. Il ne peut y avoir sur la ligne qu'un seul équipement en train d'émettre. Aucun esclave ne peut envoyer un message sans une demande préalable du maître. Le dialogue direct entre les esclaves est impossible.

**b Structure des messages:**

Le maître envoie un message constitué de la façon suivante:



**Figure 2.4 Structure de messages du protocole Modbus**

- La détection de fin de message est réalisée sur un **silence** de durée supérieure ou égale à la durée de transmission de 3 octets.
- L'esclave répond par un message du même type que le message question.

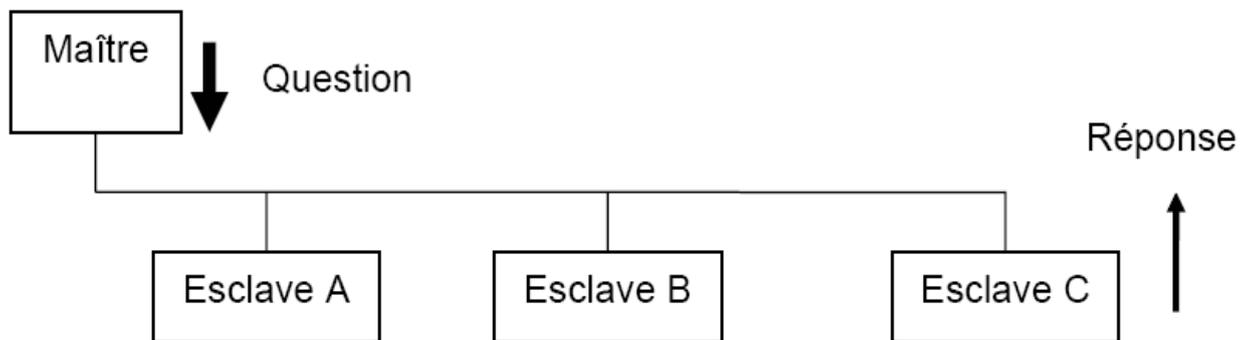
Le protocole Modbus est très utilisé pour les communications des automates programmables industriels et des variateurs de vitesse des moteurs électriques.

### **c Adressage**

Les abonnés du bus sont identifiés par des adresses attribuées par l'utilisateur. L'adresse de chaque abonné est indépendante de son emplacement physique. Les adresses vont de 1 à 64 pour le protocole Modbus et de 1 à 255 en général et ne doivent pas obligatoirement être attribuées de manière séquentielle. Deux abonnés ne peuvent avoir la même adresse.

#### ***Echange maître vers 1 esclave***

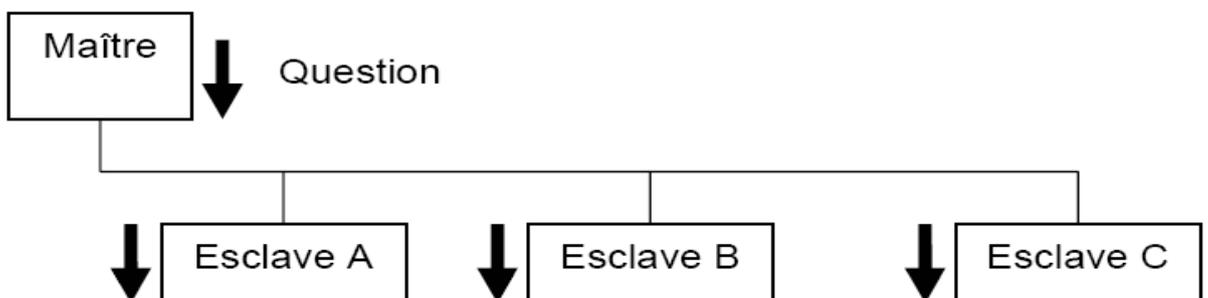
Le maître interroge un esclave de numéro unique sur le réseau et attend de la part de cet esclave une réponse.



***Figure 2.5 Echange entre le maître vers un esclave dans le Modbus***

#### ***Echange Maître vers tous les esclaves***

Le maître diffuse un message à tous les esclaves présents sur le réseau, ceux-ci exécutent l'ordre du message sans émettre une réponse.



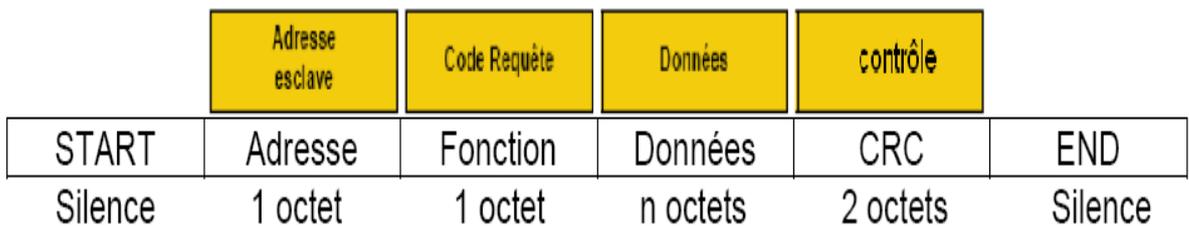
***Figure 2.6 Echange entre le maître tous les esclaves dans le Modbus***

**d Format général d'une trame**

Deux types de codage peuvent être utilisés pour communiquer sur un réseau Modbus. Tous les équipements présents sur le réseau doivent être configurés selon le même type.

**Mode RTU (Unité terminale distante):**

La trame ne comporte ni octet d'en-tête de message, ni octets de fin de message. Sa définition est la suivante :

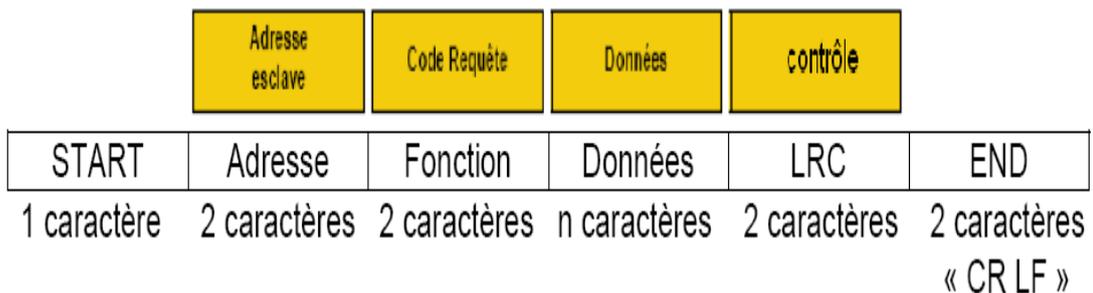


**Figure 2.7 Format d'une trame de MODBUS en mode RTU**

**CRC16** : paramètre de contrôle polynomial (cyclical redundancy check). La détection de fin de trame est réalisée sur un silence supérieur ou égal à 3 octets.

**Mode ASCII :**

Chaque champ composant une trame est codé avec 2 caractères ASCII (2 fois 8 bits).



**Figure 2.8 Format d'une trame de MODBUS en mode ASCII**

**LRC** : C'est la somme en hexadécimal modulo 256 du contenu de la trame hors délimiteurs, complémentée à 2 et transmise en ASCII.

### ***e Trame d'échange question/réponse***

#### ***La question :***

Elle contient un code fonction indiquant à l'esclave adressé quel type d'action est demandé.

Les données contiennent des informations complémentaires dont l'esclave a besoin pour exécuter cette fonction.

Le champ octets de contrôle permet à l'esclave de s'assurer de l'intégralité du contenu de la question.

#### ***La réponse***

Si une erreur apparaît, le code fonction est modifié pour indiquer que la réponse est une réponse d'erreur.

Les données contiennent alors un code (code d'exception) permettant de connaître le type d'erreur.

Le champ de contrôle permet au maître de confirmer que le message est valide.

### ***f PARAMETRAGE DE LA COMMUNICATION MODBUS***

Il faut ajuster les paramètres de communication entre le maître et l'esclave :

- Vitesse de communication : 9600 ou 19200 bits/seconde,
- Données (trame) : 8 ou 7 bits,
- Parité : Paire, impaire ou sans parité,
- Arrêt : 1 ou 2 bits de stop.

### 2.2.2 I/O Scanning

Le I/O scanning est une méthode de communication basé sur Ethernet qui interroge en permanence des équipements esclaves pour échanger des données et des informations d'état et de diagnostic, il permet, de manière périodique, de lire ou d'écrire des entrées/sorties distantes sur le réseau Ethernet sans programmation spécifiques, Ce service comporte les éléments suivants :

- Une zone de lecture regroupant toutes les valeurs des entrées distantes,
- Une zone d'écriture regroupant toutes les valeurs des sorties distantes,
- Des périodes de scrutations indépendantes du cycle automate et dédiées à chaque équipement distant.

Ce processus surveille les entrées et contrôle les sorties des équipements esclaves, pour gérer la connexion avec chaque équipement distant puis mettre à jour les zones de lecture et d'écriture dans la mémoire application, et rafraîchir les bits d'états de chaque équipement distant, il fonctionne avec tous les équipements supportant la communication Modbus sur le profil TCP/IP en mode serveur, le mécanisme d'échange qui est transparent, est effectué par des requêtes de lecture, ou d'écriture, ou bien de lecture et écriture.

#### ***a Fonctionnement***

Dès que l'automate passe en mode Run, le module ouvre une connexion avec les équipements, ensuite le module effectue une lecture périodique des mots d'entrées et une écriture périodique des mots de sorties de chaque équipement et si l'automate passe en Stop, les connexions avec chaque équipement sont fermées.

## ***b Paramètres de configuration pour établir la communication***

**Adresse IP** : Adresse IP de l'esclave dans le réseau Ethernet

**Timeout de validité** : c'est une durée exprimée en millisecondes (ms). Si le Scanning I/O ne détecte pas de réponse de l'esclave à l'expiration de ce délai, une situation d'erreur se produit.

**Vitesse de répétition** : c'est une durée exprimée en millisecondes (ms). Il s'agit du délai entre deux envois successifs d'une requête. Sa valeur doit être inférieure au timeout de validité.

**ID de voie Identificateur** : Cette valeur est créée automatiquement on peut la lire dans l'onglet.

### **Zones de lecture et d'écriture**

Ces deux zones de la mémoire application, gérées par le coupleur Ethernet, sont des tables de mots internes (%MW) qui regroupe de manière contigüe toutes les valeurs des mots d'entrées ou de sorties des équipements distants connectés.

Les équipements de type entrées/sorties déportées sont munis :

- De mots d'entrées utilisés pour renvoyer la valeur des entrées vers le coupleur,
- De mots de sorties utilisés pour affecter la valeur des sorties vers l'équipement distant.

## 2.3 Liste des informations

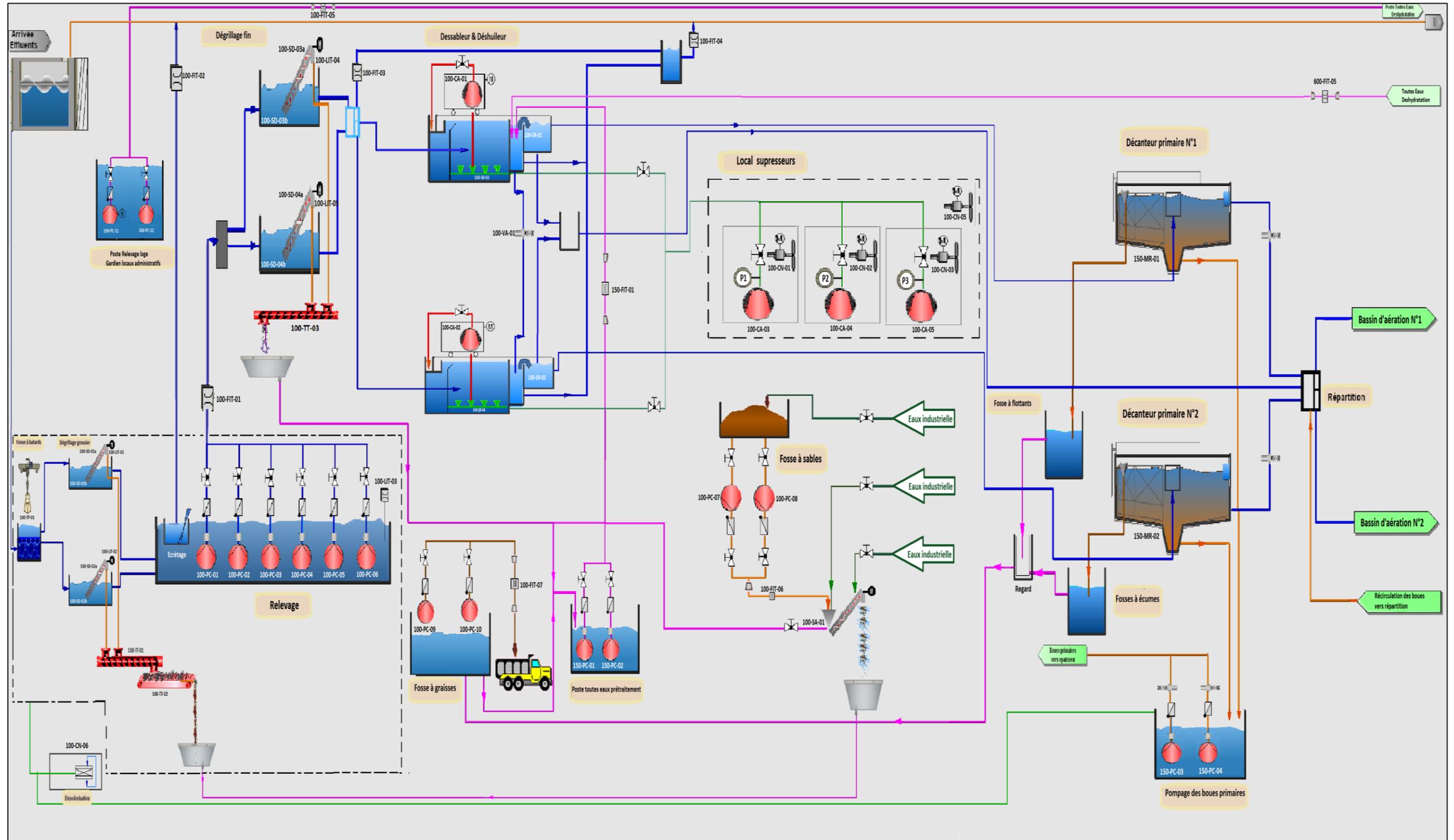
C'est la liste d'E/S défini à partir de la liste des commandes pouvant-être exécuter sur le synoptique.

Equipement	Code	Signal	DI	DO	AI	AO
Alimentation électrique Grappin	100-TP-01	VRV		2		
		VB		1		
		BM	1			
		BA	1			
Mesure de débit bypass STEP	100-FIT-02	Mesure Analogique				1
Mesure niveau différentiel dégrilleur vertical 1	100-LIT-01	Mesure Analogique				1
Mesure niveau différentiel dégrilleur vertical 1	100-LIT-01	Mesure Analogique				1
Mesure de gaz	100-AIT-03	VR pour niveau alarme		2		
Dégrillage vertical arrivée STEP 1	100-SD-01a	VRV		2		
		VB		1		
		BM	1			
		BA	1			
		Compteur horaire			1	

**Tableau 2.5 La liste d'entrées / sorties**

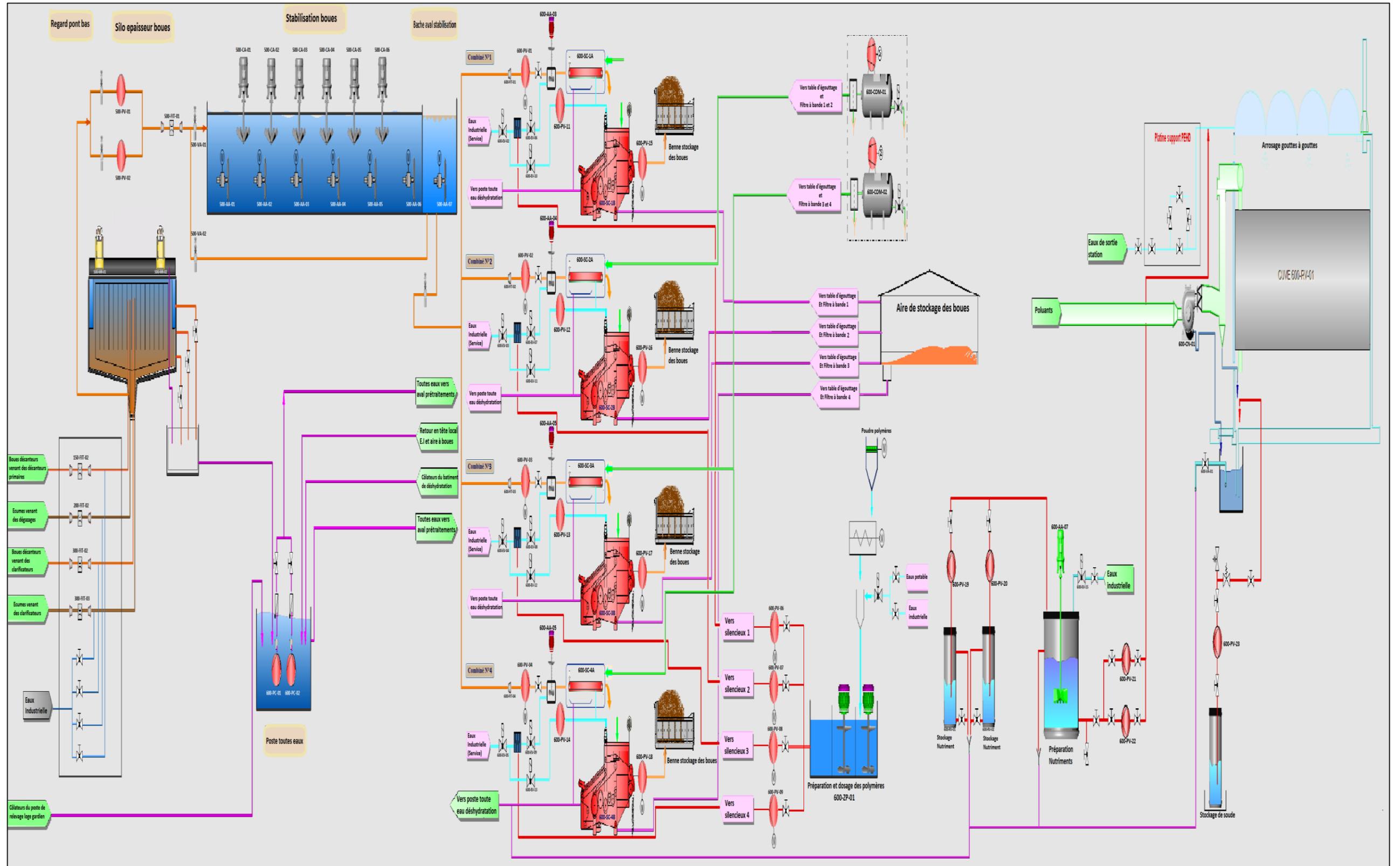
## 2.4 Conception des vues

### 2.4.1 Vue 1





2.4.3 Vue 3



## 2.5 Tables d'échanges

Une table d'échange a pour but de lister les informations de chaque équipement qu'on va les récupérer de chaque automate, d'où ces informations là seront primordiales pour la gestion du synoptique.

Les équipements de la station sont pilotés par des automates programmables montés dans des armoires (TBTF: Très basse tension fonctionnelle). Les informations récoltées vont être utilisées par la suite dans la programmation, le tableau ci-dessous regroupe quelque équipement du premier TBTF (la suite du tableau, ainsi que les tableaux des autres TBTF sont dans l'annexe).

Équipement	Code	Signal	DI	DO	AI	AO	@Mémoire	Bit	Mode	Désignation
Dégrillage vertical arrivée STEP 1	100- SD- 01a	VRV_Marche		1			%MW300	4	Lecture	Marche Bas
							%MW300	5	Lecture	Marche Haut
		VRV_Défaut		1			%MW400	6	Lecture	Défaut
		VB		1			%MW400	4	Lecture	Local
		BM	1				%MW1000	0	Ecriture	Commande Marche
		BA	1				%MW1000	1	Ecriture	Commande Arrêt
Dégrillage vertical arrivée STEP 2	100- SD- 02a	VRV_Marche		1			%MW300	8	Lecture	Marche Bas
							%MW300	9	Lecture	Marche Haut
		VRV_Défaut		1			%MW400	14	Lecture	Défaut
		VB		1			%MW400	12	Lecture	Local
		BM	1				%MW1000	2	Ecriture	Commande Marche
		BA	1				%MW1000	3	Ecriture	Commande Arrêt

**Tableau 2.6 Table d'échange TBTF1**

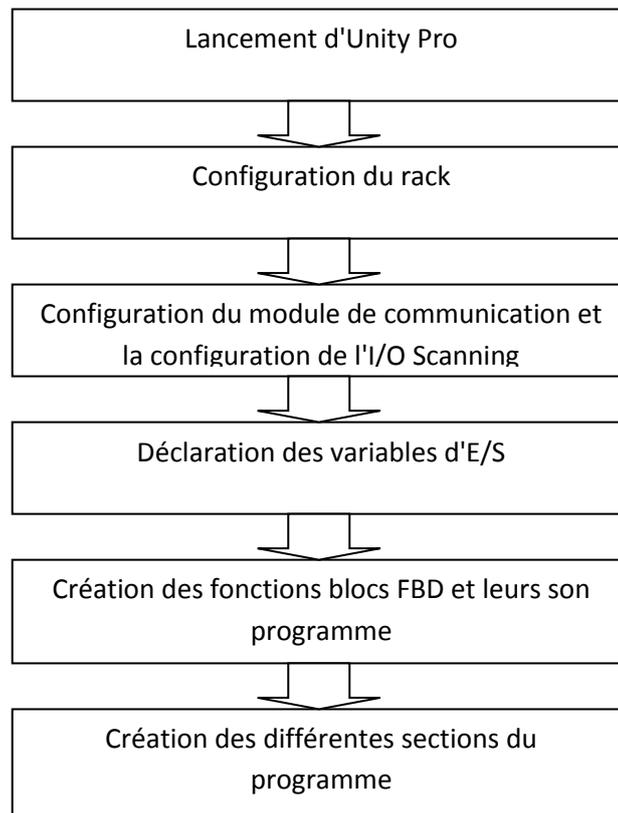
## 2.6 Programmation

Notre programme du synoptique aura comme premier rôle d'aller lire dans les automates de chaque TBTF il s'agit donc d'une communication inter-automates (entre notre automate et les différents automates programmables du process), afin de récolter les informations nécessaire de chaque équipement et qu'on doit remonter ces informations sur notre synoptique (comme la table d'échange le démontre). Cette communication sera à base protocole I/O scanning pour la lecture/écriture et le protocole de transport Modbus.

Une fois les informations seront lues, on va les utiliser pour gérer le programme du synoptique; qui va être conçu à base de blocs fonctionnels d'ou ils seront attribués à chaque équipement avec des informations différentes (chaque équipement sera gérer par ces propres informations).

Le logigramme ci-dessous présente les différentes étapes à suivre pour la conception du programme et qui sont bien détaillé dans l'**annexe** du notre mémoire.

On doit respecter un ordre chronologique afin de définir correctement tous les éléments de notre programme.



## Chapitre 3 Amélioration de la solution

---

### 3.1 SCADA system - SCADA Software - Supervision

La supervision est un système informatique interactif qui se situe entre les automatismes d'atelier et la gestion de la production visant à Niveau Management fournir aux opérateurs les informations leurs permettant de prendre, au bon moment, les bonnes décisions pour assurer la conduite Niveau Supervision d'une production complexe. Gestion de la production Niveau Automatismes automatismes d'atelier

Les logiciels de supervision intègre la plupart du temps des systèmes d'historisation des données et d'événements permettant par exemple leur exportation sous format excel ou CSV. Cela permettra à l'agent de production l'optimisation de la production en déterminant les besoins en termes de matières premières et la planification des opérations de maintenance. La supervision est donc pratiquement indispensable sur des installations automatisées complexes. Les systèmes de supervision peuvent aussi inclure des systèmes d'alertes qui permettent d'envoyer un SMS ou d'avertir l'opérateur en cas de problème sur la chaîne de production.

### 3.2 Présentation Citect

Le logiciel de supervision Vijeo Citect est un éditeur de logiciels spécialisé dans les systèmes d'automatisation et de contrôle industriel qui offre une image claire de ce qui se passe dans le processus. Il intègre toutes les fonctions d'un superviseur moderne. Son architecture distribuée client-serveur s'applique à une multitude d'applications (agro-alimentaire, micro-électronique, aéroports, industrie pétrolière, routes & tunnels...).

- Environnement Windows.
- Architecture client-serveur
- Compatible avec tout contrôleur ou plateforme Modicon

- Un système qui augmente le retour sur investissement et répond aux besoins de votre application.

### 3.3 Différence Entre le Pupitre et Supervision

Il s'agit principalement d'une différence d'échelle :

- On parle de pupitre opérateur pour un écran (tactile ou non, graphique ou non) " au pied de la machine", donc a priori durci, étanche...
- On parle de supervision pour un système informatique (mono-poste ou multi-poste) permettant la conduite d'un groupe de machine, un atelier complet, voire un site complet.

En outre certaines fonctionnalités sont limitées sur les pupitres opérateurs (l'archivage des données en particulier)

DESCRIPTIF	SYNOPTIQUE MOSAÏQUE	SYNOPTIQUE MULTI-ECRANS
Système de commande	Avec le pupitre de commande on aura un double système de commande dans la même salle	le même que Scada
Résistance vibration	Risque de d'endommagement lors de secousse terrestre.	système de fixation solide
Changement sur les vues	Nécessite du matériel exemple voyants, sérigraphie..etc.	soft seulement
Modification	Figée	Modifiable au futur extension ou transformation de la STEP
Compatibilité avec le système Scada	Compatible	Compatible
Résolution d'affichage	mosaïque 25x25 ou 24x24	High définition « HD »
Pièce de rechange	Spécifique	Public

**Tableau 6.1 Tableau comparatif des synoptiques**

## Conclusion générale

---

Ce projet a été très enrichissant aussi bien d'un point de vue technique que d'un point de vue humain.

D'un point de vue technique, nous avons été amenés à travailler sur les phases successives d'un projet : expression du besoin client, analyse des besoins pour pouvoir déterminer l'étendu du projet, étude de l'analyse fonctionnelle, développement de la partie synoptique de contrôle/commande conjointement avec le développement des automatismes.

Notre projet nous a permis d'explorer un domaine innovant en plein essor qu'est la gestion technique d'une station d'épuration à travers un synoptique et de se familiariser avec les outils de programmation d'API et de la communication industrielle (inter-automates).

D'un point de vue humain, ce projet nous a permis de nous investir au sein d'une équipe et de partager nos compétences. De plus, dès le début du stage nous avons été amenés à dialoguer avec le client afin de répondre au mieux à ses attentes.

On a été agréablement surpris par la convivialité de l'ambiance qui règne dans cette entreprise ainsi que par la qualité des rapports humains entre les différents employés de Schneider Electric Algérie.

Enfin, Ce stage a été une expérience enrichissante. En effet, il nous a donné une vision globale d'un projet industriel et nous a permis l'approfondissement et la mise en pratique de nos connaissances en automatisme et informatique industrielle.

# Bibliographie

---

- [1] G. MICHEL, « Les A.P.I Application des automates programmables industriels », Edition DUNOD, 1987
- [2] Cours "Bus de terrain et de supervision", J. DEPREZ, IUT CACHAN
- [3] Protocole MODBUS, Pascal DEREUMAUX, novembre 2004.
- [4] Télé catalogue Schneider Electric.
- [5] Modicon M340 sur Unity Pro (help).
- [6] Help du logiciel Unity Pro