

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



Université Mohamed Boudiaf de M'Sila
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'Hydraulique



Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme de

Master (LMD)

Spécialité : Ouvrages Hydraulique

Filière : Hydraulique

Thème :

**Automatisation d'une station de relevage
des eaux usées**

Rédigé par :

Saoudi Zineddine

Zine Islam

Dirigé par :

Dr. Mahdi. D

Promotion : 2019/2020

REMERCIEMENT

*Avant tous nous tenons à remercier **DIEU** qui a illuminé notre chemin et de nous avoir armés de patience, de courage et santé pour y parvenir au bout de ce modeste travail.*

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre encadreur **M. Mahdi Djallel** pour nous avoir encadrés durant notre projet de fin d'études et nous conseillé tout le long de notre travail.*

Nous tenons aussi à remercier chaleureusement les membres de jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'évaluer notre projet.

Nous exprimons également notre gratitude à tous les Enseignants qui ont collaboré à notre formation depuis notre premier cycle d'étude jusqu'à la fin de notre cycle universitaire.

Nous présentons enfin, notre profonde gratitude à notre parent et notre famille, ainsi qu'à tous ceux qui nous ont aidés de loin ou de près à réaliser ce travail.

Saoudi Zineddine

Zine Islam

Merci



Dédicace

*Premièrement et avant tout je remercie DIEU puissant de
m'avoir donné le courage pour achever ce modeste
travail.*

*Je dédie particulièrement ce modeste travail à ma très
chers maman sans elle je ne serais pas là, pour son soutien
et ses conseils judicieux qui m'ont éclairé le chemin, que
dieu la protège pour moi.*

A toute ma famille et tous cousins et cousines.

A toute mes amis(es) sans exception.

*Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la
realisation de ce modeste travail.*

Zineddine

Dédicace

En particulier à mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance.

J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour

A toute la famille, pour leur soutien, sacrifice, patience, ainsi pour leurs conseils, que dieux les protèges et les entoure de bénédiction.

A tous mes amis, mes collègues et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à réaliser ce travail.

Islam

Résumé

Dans ce travail, nous avons mis en oeuvre un système automatique à l'aide de l'automate programmable, son intégration dans la station de pompage qui achemine les eaux usées vers la station d'épuration, améliore le degré de fiabilité, les conditions de fonctionnement et sécurise les équipements et les rendre plus efficaces.

Ce système automatisé conçu permet le contrôle des deux pompes immergées là où elles fonctionnent et s'arrêtent en prévu d'une permutation pour éviter le non fonctionnement prolongé de l'une ou de l'autre en fonction du niveau d'eau dans la bêche.



المخلص

في هذا العمل قمنا بتصميم نظام آلي باستخدام وحدة التحكم المنطقية القابلة للبرمجة، و دمجها في محطة الضخ التي تنقل مياه الصرف الصحي إلى محطة المعالجة، بحيث يحسن درجة الموثوقية و ظروف التشغيل و تأمين المعدات و جعلها أكثر كفاءة.

يسمح هذا النظام الآلي المصمم بالتحكم في المضختين المغمورتين حيث تعملان بالتناوب لتجنب عدم تشغيلها المطول، حيث تشتغل وتتوقف حسب منسوب المياه في الخزان.

Abstract

In this work, we have implemented an automatic system using the programmable logic controller, its integration into the pumping station that conveys wastewater to the treatment plant improves the degree of reliability, the operating conditions, secure equipment, and make it more efficient.

This designed automated system allows the control of the two submersible pumps where they are operating and stop in a changeover to avoid prolonged non-operation of one or the other depending on the water level in the tank.

Sommaire

Introduction générale

Introduction générale.....	2
----------------------------	---

Chapire I : station de relevage

I.1 Introduction.....	5
I.2 Présentation de la commune de Bouzedjar.....	5
I.2.1 Caractéristique général de la commune.....	5
I.2.2 Station de relevage de Bouzedjar.....	6
I.2.3 Evolution de la population.....	6
I.2.4 Réseau d'assainissement actuel de la commune de Bouzedjar.....	7
I.2.4.1 Nature du réseau de Bouzedjar.....	7
I.2.4.2 Rejets de la commune.....	7
I.2.5 Débit évacué par le réseau d'assainissement de la commune de Bouzedjar.....	8
I.2.5.1 Débit de consommation moyen totale.....	8
I.2.5.2 Débit des eaux usées.....	9
I.3 Dimensionnement de la station de relevage et conduite de refoulement.....	11
I.3.1 Choix du site de la station de relevage.....	11
I.3.2 Composition de la station de relevage de la ville de Bouzedjar.....	11
I.3.2.1 Compartiment hydraulique.....	11
I.3.2.2 Compartiment électrique.....	14
I.3.3 Méthodologie de conception.....	15
I.3.3.1 Transfert des eaux usées vers la station.....	15
I.3.3.2 Dimensionnement de station de relevage.....	15
I.3.4 Détermination du volume de la bache.....	20
I.3.5 Dimensionnement de la bache.....	21
I.3.6 Calcul la hauteur de la station.....	21
I.3.7 Application.....	22
I.3.8 Calcul de coup de bélier.....	25
I.3.9 Etude électrique de la station de relevage STR.....	27
I.3.9.1 Détermination de la puissance de la pompe.....	27
I.3.9.2 Détermination de la puissance du moteur.....	27

I.3.9.3 Calcul du courant nominal.....	27
I.3.9.4 Fonctionnement de la station de relevage.....	28
I.3.9.5 Calcul de la puissance apparente nécessaire.....	28
I.3.9.6 Caractéristique du circuit de puissance.....	28
I.4 : Conclusion.....	29

Chapitre II : Automates programmable et systèmes automatisés

II.1 Introduction.....	31
II.2 Automatisme et objectif.....	31
II.3 Structure des systèmes automatisés	31
II.3.1 Partie opérative(PO) ou actionneur.....	33
II.3.2 Partie transmission d'information(TI) ou Capteurs.....	33
II.3.2.1 Différent type des captures de niveau.....	33
II.3.2.1.1 Capteur à mesure par pression.....	33
II.3.2.1.2 Capteurs à mesure par onde (acoustique ou de type Radar).....	34
II.3.2.1.3 Capteur à mesure par contact de type flotteur TOR.....	34
II.3.3 Partie commande (PC).....	34
II.4 Automate programmable.....	35
II.4.1 Critères de choix d'un automate.....	37
II.4.2 Avantages des automates programmables.....	37
II.4.3 Matériels internes de l'automate.....	38
II.4.4 Matériels externes (Auxiliaires).....	40
II.5 Branchement des modules d'entrées/sorties de l'automate (E/S).....	40
II.5.1 Branchement des Entrées TOR.....	41
II.5.2 Branchement des sorties.....	42
II.5.3 Affectation et écriture de l'entrées/sorties.....	42
II.6 Programmation de l'automate.....	43
II.6.1 Langage de programmation GRAFCET ou SFC (Sequential Function Chart).....	43
II.6.2 Définitions général de l'outil GRAFCET.....	44
II.6.3 Composition du grafcet.....	45
II.7 Conclusion.....	47

Chapitre III : Conception et programmation de l'automate

III.1 Introduction.....	49
III.2 Conception de la station de relevage.....	49

III.3 Circuit électrique de la station.....	50
III.3.1 Câblage électrique de la partie puissance.....	51
III.3.2 Câblage électrique de la partie faible puissance.....	52
III.3.2.1 Capteurs.....	52
III.3.2.2 Pré-actionneurs (Relais électrique).....	52
III.3.2.3 Automate (API).....	54
III.3.2.4 Affectation des entrées et sorties de l'automate.....	54
III.4 Programmation de l'automate.....	56
III.4.1 Cahier de charge.....	56
III.4.2 Générale vue du logiciel Automgen.....	57
III.4.2.1 Simulation du processus d'automatisme de la station de relevage.....	58
III.4.2.2 Description du Grafcet réalisé dans logiciel Automgen.....	59
III.4.2.3 L'affectation des Entrées/Sorties de l'API sous Automgen.....	60
III.4.2.3.1 Affectation des entrées.....	60
III.4.2.3.2 Affectation des sorties.....	61
III.4.2.4 Connexion des entrées et sorties avec la partie commande (API).....	61
III.4.2.5 Simulation du fonctionnement du système sous Automgen.....	62
III.4.2.6 Transfert du programme vers l'API.....	65
III.5 Conclusion.....	66

Conclusion générale

Conclusion générale.....	68
--------------------------	----

Références bibliographiques

Références bibliographiques.....	71
----------------------------------	----

Liste des figures

Figure I.1 : Situation générale de Bouzedjar Extrait de la carte d'Etat-major d'El- Amria.....	6
Figure I.2 : Positionnement des rejets de la commune de Bouzedjar.....	8
Figure I.3 : Dégrilleur vertical automatique.....	11
Figure I.4 : Courbes débit- hauteur, rendement et puissance (DUPONT, A.2005).....	17
Figure I.5 : Courbes caractéristiques des pompes (DUPONT, A.2005).....	19
Figure I.6 : Pompe en parallèle (DUPONT, A.2005).....	19
Figure I.7 : Courbes caractéristiques des 3 pompes.....	23

Figure I.8 : Courbe rendement des pompes.....	23
Figure I.9 : Schéma de la pompe CAPRARI (CAPRARI caractéristiques technique).....	24
Figure I.10 : Schéma de la pompe (CAPRARI caractéristiques technique).....	25
Figure II.1 : Structure fonctionnel d'un système automatisé.....	32
Figure II.2 : Principe mesure de niveau par capteur de pression.....	33
Figure II.3 : Capteur de niveau acoustique.....	34
Figure II.4 : Photo du capteur flotteur.....	34
Figure II.5 : Aspect extérieur d'un automate S7-200 CPU222.....	35
Figure II.6 : Le contrôle logique d'un processus.....	36
Figure II.7 : Structure interne de l'automate.....	38
Figure II.8 : câblage de la partie opérative et la partie commande (automate).....	40
Figure II.9 : Branchement du module E/S de l'automate SIEMENS.....	41
Figure II.10 : Branchement du module d'entrée.....	41
Figure II.11 : Branchement du module de sortie.....	42
Figure II.12 : le langage GRAFCET (Sequential Function Chart).....	44
Figure II.13 : Structure fonctionnel général du GRAFCET.....	45
Figure III.1 : Schéma d'équipement de la station de relevage.....	49
Figure III.2 : Schéma des connexions de la partie électrique et hydraulique du système.....	50
Figure III.3 : Schéma électrique de puissance (connexion des deux pompes avec le secteur triphasé et les relais km1 et km2).....	52
Figure III.4 : Schéma d'un relais électrique.....	53
Figure III.5 : Relais électrique.....	53
Figure III.6 : Schéma des connexions des entrées et sorties de l'API avec capteurs et relais.....	54
Figure III.7 : Schéma électrique global du circuit de commande de la station.....	55
Figure III.8 : GRAFCET de l'automatisation de la station de relevage.....	56
Figure III.9 : Fenêtre principal d'automgen.....	57
Figure III.10 : Étapes de création d'un dossier.....	58
Figure III.11 : Fenêtre de dessin du grafcet.....	58
Figure III.12 : Séquences de la station de relevage.....	59
Figure III.13 : Fenêtre de propriétés des symboles.....	60
Figure III.14 : Table des mnémoniques des variables des Entrées/Sorties.....	61
Figure III.15 : La page Automsim	61

Figure III.16 : Assistant d'objets Automsim.....	62
Figure III.17 : Un message d'erreur et sa source.....	62
Figure III.18 : Schéma du simulation (système à l'étape 0 (repos)).....	63
Figure III.19 : Schéma du simulation (système à l'étape 1).....	63
Figure III.20 : Schéma du simulation (système à l'étape 2).....	64
Figure III.21 : Schéma du simulation (système à l'étape 3).....	64
Figure III.22 Transférer du programme vers l'API.....	65

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Evolution de la population de Bouzedjar.....	7
Tableau I.2 : Besoins d'équipements existants à Bouzedjar.....	9
Tableau I.3 : Débit de consommation moyen totale (domestique + équipement).....	9
Tableau I.4 : Débit des eaux usées.....	10
Tableau I.5 : Calcul des dimensions de la grille.....	12
Tableau I.6 : Résultats du dimensionnement de la bêche.....	22
Tableau I.7 : Résultat de détermination de HMT de la pompe.....	22
Tableau I.8 : Données caractéristiques de la conduite.....	22
Tableau I.9 : Données caractéristiques de la pompe.....	22
Tableau I.10 : Calcul de coup de bélier.....	26
Tableau III.1 : Adressage des entrées et sorties.....	54

Introduction générale

Introduction générale

Grâce aux progrès de l'électronique et de l'informatique, une première grande révolution technologique mondiale s'ébauche : celle de l'automatisation de la production industrielle.

Cette technologie a apporté de profonds bouleversements dans la manière de concevoir et d'organiser le contrôle d'un processus notamment dans les réseaux hydrauliques.

L'objectif de l'automatisation des systèmes hydrauliques est d'améliorer les conditions d'exploitation qui assure beaucoup de tâches pénibles qui étaient auparavant effectuées à la main par des opérateurs.

Dans ce travail, nous allons créer un système automatique programmé qui permet le contrôle d'une partie de la station de relevage, où le commencement provenait d'une étude menée pour la station de Bouzedjar, qui comprend le redimensionnement de cette station de relevage et la conduite de refoulement vers la STEP pour l'horizon 2040.

Dans cette station à poste de relevage des eaux usées, la bêche de stockage se situe à un niveau plus bas que les sites de traitement et de rejet dans le cycle de l'eau d'où le nom de relevage. Donc l'exploitation et l'automatisation dans ces différentes étapes du cycle de l'eau sont très utiles. La bêche de stockage des eaux usées est équipée des pompes de relevage qui sont immergées. On désire automatiser ces pompes de relevage pour sécuriser et rendre l'équipement plus performant. Elle consiste à en assurer la conduite par un dispositif technologique qui se substitue aux opérations manuelles. Le système ainsi conçu sait prendre en compte les situations et le cahier des charges pour lesquelles sa commande sera réalisée. De plus, il est prévu une permutation du fonctionnement des pompes pour éviter le non fonctionnement prolongé de l'une ou l'autre des machines.

A cet effet, le présent mémoire est réparti en trois chapitres décrivant les volets principaux.

Le premier chapitre sera consacré à la présentation des principaux points de l'étude dont nous sommes partis, représentés dans une présentation de la commune de Bouzedjar et redimensionnement de la station de relevage et conduite de refoulement.

Le deuxième chapitre sera dédié à l'automatisme et leurs éléments de base, en plus fournira un aperçu général des systèmes automatisés à base de l'automate programmable industriel (API), leurs architectures, principe de fonctionnement et langages de programmations.

Le dernier chapitre de ce mémoire présente le système conçu, il comprend aussi un aperçu des étapes de rédaction du programme et la simulation du fonctionnement du système créé à l'aide du logiciel d'exploitation Automgen.

Chapitre I
Station de relevage

I.1 Introduction

La station de relevage est un ouvrage hydraulique composé d'un bassin d'aspiration en béton armé destiné à la collecte des eaux usées et une ou plusieurs pompes qui doivent relever les eaux usées collectées dans le bassin vers un ouvrage situé à un niveau plus élevé, par un refoulement qui est destinée à forcer le transport des effluents d'un point à un autre, souvent sur de grandes distances, voire d'importantes dénivellations, moyennant une mise en pression pour vaincre les pertes de charges ainsi que la hauteur géométrique de franchissement. Dans la pratique, ces refoulements assurent le transfert d'une rive à l'autre d'une rivière, d'un versant à l'autre, ou servent, tout simplement, à parcourir des distances importantes à plat ou à contre pente.

Éléments à dimensionner :

- le diamètre de la canalisation d'évacuation des eaux usées
- la puissance de la pompe de relevage
- le volume de la bache d'aspiration

I.2 Présentation de la commune de Bouzedjar

I.2.1 Caractéristique général de la commune

La commune de Bouzedjar a été érigée en commune en janvier 1985 rattachée à la daïra d'El Amria située au Nord-est de la Wilaya d'Ain Témouchent. Elle s'étend sur une superficie de 7500 hectares dont 45% de terres agricoles. Elle compte 4 849 habitants depuis le dernier recensement de la population (DPAT, 2015).

Elle est limitée (Figure I.1) :

- Au Nord par la mer Méditerranée
- A l'Est par la commune d'Ain El Kerma
- Au Sud Est par la commune d'El Amria
- Au Sud Ouest par la commune d'El M'Saïd



Figure I.1 : Situation générale de Bouzedjar Extrait de la carte d’Etat-major d’El- Amria. Échelle 1/25000

I.2.2 Station de relevage de Bouzedjar

La station de relevage de la ville de Bouzedjar occupe une superficie de 66 m² avec une capacité de refoulement 285 m³/h. La station de relevage a été conçu pour élever les eaux d’un point situé à la côte 1.7 m vers la station d’épuration situé en hauteur de la ville à la côte environ 43 m.

I.2.3 Evolution de la population

La ville de Bouzedjar compte 4849 habitants depuis le dernier recensement de la population (31/12/2015). Pour le dimensionnement de la station de relevage les calculs se font pour l’horizon 2040.

En tient compte des effluents de Bouzedjar et la ZET. Cette dernière a une capacité 6570 lits Équivalent / Personne. Le taux d’accroissement est de 1.59 % (RGPH, 1987/1998)

Le calcul se fait par la formule de l’évolution de la population suivante :

$$P = P_0 (1 + T)^n \dots \dots \dots (I.1)$$

Avec :

P : Nombre de la population à l'horizon.

P_0 : Nombre de la population à l'année de référence.

T : Taux d'accroissement.

N : Nombre d'années entre l'année de référence et l'horizon d'études.

Le résultat de calcul est consigné dans le tableau ci dessous :

	2015	2020	2025	2030	2035	2040
BOUZEDJAR	4849	5247	5678	6144	6648	7193
Z E T	6570	6570	6570	6570	6570	6570
TOTAL	11357	11832	12264	12731	13237	13763

Tableau I.1 : Evolution de la population de Bouzedjar.

I.2.4 Réseau d'assainissement actuel de la commune de Bouzedjar

I.2.4.1 Nature du réseau de Bouzedjar

Le type de réseau d'assainissement drainant les différents bassins urbanisés de la localité de Bouzedjar est unitaire et orientées vers les différentes fosses septiques existantes qui sont en nombre de cinq fosses repartis de part et d'autre du canal oued El ferra. Le réseau date de 1988 et encore fiable. Le linéaire approximatif du réseau est de 25020 ml dont 10036 ml pour le réseau primaire et 14984 ml pour le réseau secondaire. Les diamètres varient entre 250 et 500 mm.

En ce qui concerne les eaux pluviales, ils sont drainés par un système d'avaloirs ou caniveaux repartis à travers le réseau.

I.2.4.2 Rejets de la commune

Il existe cinq rejets (**Figure I.2**) qui sont reliés à des fosses septiques situés de part et d'autre de oued El ferra par des conduites de diamètre 300 mm. Actuellement ces rejets sont raccordés à la station de relevage par une conduite d'amenée en PVC PN6 bars DN 500 mm.

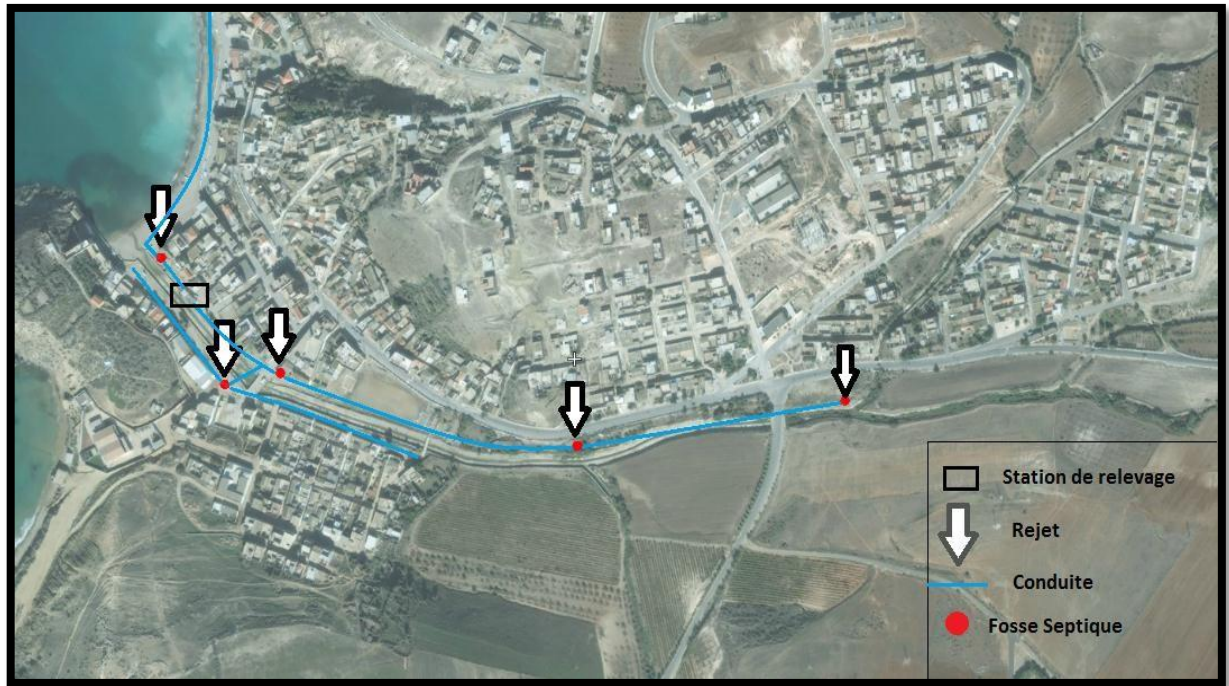


Figure I.2 : Positionnement des rejets de la commune de Bouzedjar

I.2.5 Débit évacué par le réseau d’assainissement de la commune de Bouzedjar

I.2.5.1 Débit de consommation moyenne totale

Débit de consommation domestique moyen avec une dotation de 200 l/hab/j :

$$Q_{C.d.m} = P \times D \dots\dots\dots(I.2)$$

Où ;

$Q_{C.d.m}$: Débit de consommation domestique moyen (m^3/j)

P : population (hab)

D : consommation journalière moyenne d’eau par personne ($D=200$ l/hab/j)

Débit de consommation moyenne totale est donné par la formule suivante :

$$Q_{total} = Q_{C.d.m} + Q_{equip.m} \dots\dots\dots (I.3)$$

Selon la subdivision de l’hydraulique d’El-Amria, les besoins d’équipements de la commune de Bouzedjar se résument comme suite (**subdivision de l’hydraulique El Amria**).

Type d'équipement	Nombre	Débit moy. Jour. m ³ /j
Scolaire	- 02 Ecoles	15
Sanitaire	- 02 Centre de santé	3.75
Culturel	- 03 Mosquée	6
Administratif	- 02 APC+PTT	2
Commercial	- 01 marchécouvert	14
Sportif	- 01 stade	40
Militaire	- 01 Gendarmerie	39
	- 01 Gardecommunale	7.25
	Total	127

Tableau I.2 : Besoins d'équipements existants à Bouzedjar

Selon les formules (I.2) et (I.3). Le tableau ci dessous résume le résultat de calcul de débit de consommation moyen totale (m³/j) pour différents horizon

Année	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Population (hab)	11357	11832	12264	12731	13237	13763
Débit de consom. domes. moyen (m ³ /j)	2271	2366	2453	2546	2647	2753
Débit d'équipements (m ³ /j)	127	127	127	127	127	127
Débit de consom. domes+ equip (m ³ /j)	2398	2493	2580	2673	2774	2880

Tableau I.3 : Débit de consommation moyen totale (domestique + équipement)

I.2.5.2 Débit des eaux usées

Les débits des eaux usées devant transiter par le réseau et qui devront être traité sont résumés dans le (Tableau I.4) qui suit et évalués sur un taux de 80 % des eaux de consommation.

❖ Débit des eaux usées moyen est donné par la formule suivante :

$$Q_{\text{jmoyE.U}} = 0,80 \times Q_{\text{jmoy. Consommer}} \dots \dots \dots (I.4)$$

❖ Débit de pointe :

Le régime du rejet est conditionné par le train de vie des citoyens, ce qui nous donne des heures ou on a un pic et des heures creuses ou le débit est presque nul (la nuit). Pour estimer le coefficient de pointe, on à plusieurs méthodes parmi les quelles on citera :

- Méthode liée à la position de la conduite dans le réseau.
- Le coefficient de pointe est estimé selon l'importance de la ville.
- Le coefficient de pointe est estimé à partir débit moyen.

Le débit de pointe est donné par la formule suivante :

$$Q_{pte} = K_p \times Q_{moyj} \dots\dots\dots(I.5)$$

Avec :

K_p : Coefficient de pointe.

Q_{moyj} : Débit moyen journalier.

Le coefficient de pointe peut être estimé de plusieurs façons :

1/ De façon moyenne :

$$K_p = 24/14 \approx 1,714$$

$$K_p = 24/10 \approx 2,4$$

2/ Relié à la position de la conduite dans le réseau :

$K_p = 3$ en tête du réseau

$K_p = 2$ à proximité de l'exutoire

3/ Calculé à partir du débit moyen Q_{moy} :

$$K_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{jmoy}}} \dots\dots\dots (I.6)$$

ANNEES	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Population (hab)	11357	11832	12264	12731	13237	13763
Débits des eaux usées moy (m ³ /j)	1919	1995	2064	2139	2220	2304
Débits des eaux usées moy (l/s)	22.21	23.09	23.89	24.75	25.69	26.66
Coefficient de pointe	2.03	2.02	2.01	2.003	1.99	1.98
Débits des eaux usées de pointe (l/s)	45.09	46.64	48.05	49.57	51.20	52.90

Tableau I.4 : Débit des eaux usées

I.3 Dimensionnement de la station de relevage et conduite de refoulement

I.3.1 Choix du site de la station de relevage

Elle est située près de l'embouchure de oued El ferra, à environ 50 m de la plage. Le choix du site de la station a plusieurs avantages :

- Il permet l'arrivée gravitairement de tous les rejets du centre de Bouzedjar vers un seul point.
- Emplacement près du canal d'oued El ferra pour permettre le by-pass des eaux en cas d'arrêt de la station ainsi que le trop plein.
- Accès direct à la station par une voie accessible.
- Amenée de la ligne électrique facile à partir d'un poste transformateur à proximité environ 100 m de la station.
- Espace suffisant pour la construction loin des habitations.
- Départ de la conduite de refoulement, un tracé direct le long du canal loin des habitations jusqu'à la station d'épuration dans la voie de servitude.

I.3.2 Composition de la station de relevage de la ville de Bouzedjar

I.3.2.1 Compartiment hydraulique

Il est composé de :

A-Dégrilleur mécanique

- Dimensionnement du dégrilleur

Le dégrilleur (Figure I.3) permet de protéger l'ouvrage contre l'arrivée intempestive de gros objets flottants et de particules volumineuses qui pourraient nuire à l'efficacité du traitement et créer des colmatages. Il retient les particules dont les dimensions sont supérieures à 50 mm.

-Construction

Les dégrilleurs sont à bords retournés en inox ou en aluminium. Ce mode de construction permet d'éviter les corrosions et les risques de déformation.



Figure I.3 :Dégrilleur vertical automatique

-Conception

Le dimensionnement du dégrilleur dépend de la nature de l'effluent, de la section de passage et du débit. Le système de dégrillage peut se présenter sous forme de panier dégrilleur relevable (barres de guidage en inox et chaîne de relevage) ou d'une simple grille.

-Grille

La surface de la grille est définie par :

$$S = \frac{Q_p(m^3/s)}{(v \times O \times C)} \dots \dots \dots (I.7)$$

Avec

S : surface de la grille (m²).

v : vitesse de passage de l'effluent, v = 0.6 m/s

C : coefficient de colmatage (0.10-0.30) → grille manuelle

(0.40-0.50) → grille automatique

O : coefficient de passage

$$O = \frac{\text{espace libre entre barreaux}}{\text{espace libre} + \text{épaisseur barreaux}} \dots \dots \dots (I.8)$$

La vitesse de l'effluent est choisie de façon à minimiser les pertes de charges.

Q _{ps} (m ³ /s)	v (m/s)	O	C	S (m ²)
0,053	0,6	0,45	0,40	0,49

Tableau I.5 : Calcul des dimensions de la grille

Largeur : 600 mm

Hauteur maxi : 10 m

Surface de la grille : 0.49 m²

Matériaux ; inox 304 L ou inox 316 L

- Problème de sable

Le problème majeur des stations de relevage est le dépôt de quantités de sables au fond de la bêche, qui peut causer l'usure des pompes et robinetteries pendant leur fonctionnement et diminuer ainsi leur durée de vie.

En effet, dans notre cas, des quantités importantes de matières en suspension (les sables) sont charriés par le réseau d'assainissement surtout en période hivernale, vu la position du village à proximité de plages.

Il existe des solutions pour se débarrasser des sables au niveau des stations parmi eux :

1) La réalisation d'un piège à sable en amont de la station. C'est un ouvrage en béton armé de forme cylindro-conique, ou après un temps de séjours court, les sables se déposent au fond de l'ouvrage pour être retiré ensuite par pompage.

2) Mise en place d'une pompe à sable au niveau du puisard de la bache. Ce sont des pompes submersibles centrifuges qui fonctionnent lorsque la quantité de sable atteint un niveau au dessous du volume mort. Elle fonctionne lorsque les pompes de refoulement sont à l'arrêt.

Le volume de sable accumulé dans la bache est estimé à 5 m³ par mois.

Pour un temps de pompage de 15 mn, on a un débit de 19.8 m³/h.

La pompe à les caractéristiques suivantes :

$$Q=20 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 6 \text{ m.}$$

La puissance absorbée de la pompe est :

$$P_p = \frac{\rho \times g \times Q \times H}{\eta_p} \dots\dots\dots (I.9)$$

A.N:

$$P_p = 10^3 \times 9.81 \times 5.55 \times 10^3 \times 6 / 0.55$$

$$P_p = 600 \text{ W} = 0.6 \text{ kW}$$

La puissance du moteur est de :

$$P_m = P_p / \eta_m = 0.6 / 0.6 = 1 \text{ kW.}$$

Le volume du sable est pompé dans des bacs à sable pour être évacuer vers la décharge public.

B-Pompes pour eaux usées

Le relevage des eaux usées est assuré par des pompes submersibles pour eaux usées d'un :

Débit de 25 l/s

HMT= 56.5 m

Chaque pompe refoule le débit d'eau usée dans un collecteur de refoulement général DN 250 mm. Le raccordement de chaque pompe au collecteur de refoulement général est assuré par des conduites DN 150mm en acier galvanisé.

Chaque collecteur de refoulement individuel est équipé par des organes hydrauliques qui permettent d'assurer la protection des pompes et de suivre leur rendement (vanne d'arrêt et clapet anti- retour DN 150mm).

C- Le collecteur de refoulement général

Le collecteur de refoulement général en PEHD est équipé d'une plaque pleine DN 250mm à son extrémité et d'une vanne DN250mm PN16 avec son joint de démontage permettant d'isoler station de pompage de la station d'épuration.

D- Le collecteur de refoulement individuel

Chaque collecteur issu du groupe de refoulement individuel est équipé de :

- Un clapet anti retour DN 150mm PN 16.
- Une vanne à opercule DN 150mm PN 16.
- Un manomètre allant de 0 à 16 bars muni d'un robinet d'arrêt.

E- La conduite de trop plein

Le trop plein est assuré par une conduite d'évacuation DN 250mm sur une longueur de 4 ml vers le canal d'oued El Ferra.

I.3.2.2 Compartiment électrique

Il est composé de :

- Un poste transformateur de 100 KVA répondant aux exigences techniques et aux normes de SONELGAZ.

- Armoires de commande et de protection des groupes contre les chutes, et les variations des tensions d'arrivée et le sur-échauffement. Les armoires fonctionnent de façon complémentaire permettant ainsi de passer d'une manière automatique d'une pompe à une autre.
- Les raccordements électriques entre le poste, les armoires et les groupes (moteurs) sont assurés par des câbles de puissance dont les sections sont en conformité avec les puissances absorbées des moteurs.
- La commande des pompes est assurée par un système automatisé que nous programmerons pour les prochains chapitres permettant l'arrêt et le démarrage automatique des groupes l'un après l'autre selon le niveau d'eau dans la bache.
- Un groupe électrogène de secours automatique de 100 KVA.

I.3.3 Méthodologie de conception

I.3.3.1 Transfert des eaux usées vers la station

Le diamètre de refoulement (théorique) est calculé d'après la formule suivante (I.10), sachant quelle tient compte de tous les paramètres de l'écoulement et quelle est issue d'un développement théorique fondé :

$$D = \sqrt{\frac{4Qp}{\pi}} \dots \dots \dots (I.10)$$

Le diamètre économique retenu sera le diamètre commercialisé le plus proche du diamètre théorique obtenu avec une vitesse de 1 m/s.

I.3.3.2 Dimensionnement de station de relevage

Le choix du système de relevage doit être fait en prenant en compte non seulement les contraintes techniques (type de pompe, énergie, hauteur de refoulement, débit, turbidité de l'eau), mais aussi les contraintes liées au contexte socio-économique (système de pompage accepté, disponibilité des pièces détachées, facilité de maintenance des pompes).

1) Hauteur manométrique totale (HMT)

A partir du calcul des pertes de charge linéaires et singulières et de la conduite de refoulement et des caractéristiques géométriques, la hauteur manométrique totale (HMT) est égale à la somme de celles-ci, soit :

$$HMT = H_a + H_r + J = H_a + [H_{PT} - H_{SR}] + [H_L + H_S] \dots \dots \dots (I.11)$$

Avec :

H_a : Hauteur géométrique d'aspiration du plan d'eau variable dans la bache au cours du cycle de pompage jusqu'au départ du refoulement (m).

H_r : Hauteur géométrique de refoulement entre l'origine et le point haut de la conduite de refoulement (m) :

J : Perte de charge totale de la conduite de refoulement (en m).

H_L : Pertes de charges linéaires (m) .

H_S : Pertes de charges singulières (m).

Avec : $H_S = 10$ à 20 % de H_L

H_{PT} : Côte du point le plus haut de la conduite de refoulement (m)

H_{SR} : Côte du volume mort dans la bache d'aspiration (m)

Avec :

$$H_{SR} = CR_{SR} + 0,3 \dots \dots \dots (I.12)$$

CR_{SR} : Côte du fond de la bache d'aspiration (m)

D'après la formule de Darcy-Weisbach :

$$H_L = L \cdot \frac{\lambda}{D} \times \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (I.13)$$

Où :

L : Linéaire de la conduite de refoulement (m).

λ : Coefficient de perte de charge.

v : Vitesse moyenne du fluide dans la section considéré (m/s).

D : Diamètre de tuyau (m).

La valeur de λ est calculée d'après la formule de Colebrook (résultat des expériences de Nikuradzé) tel que

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \times \log_{10} \left(\frac{\varepsilon}{3,7 \times D} + \frac{2,51}{Re \times \sqrt{\lambda}} \right) \dots \dots \dots (I.14)$$

Où :

$$R_e = v \times D / \nu \dots\dots\dots (I.15)$$

Avec :

ε : Rugosité équivalente de la paroi en m (= 0,1 à 1 mm)

R_e : Nombre de Reynolds

ν : Viscosité cinématique de l'eau en m²/s à 20°

$\nu = 1.10^{-6}$ (m²/s)

2) Courbes caractéristiques d'une pompe

Les courbes principales qui caractérisent une pompe sont au nombre de trois. Elles sont établies par le constructeur :

- Courbe débit-hauteur.
- Courbe de rendement.
- Courbe de puissance.

A. Courbe débit-hauteur $H=f(Q)$

Elle présente les variations de la hauteur manométrique totale d'élévation susceptible d'être fournie par la pompe en fonction du débit Q (Figure I.4). Ce sont sensiblement des paraboles.

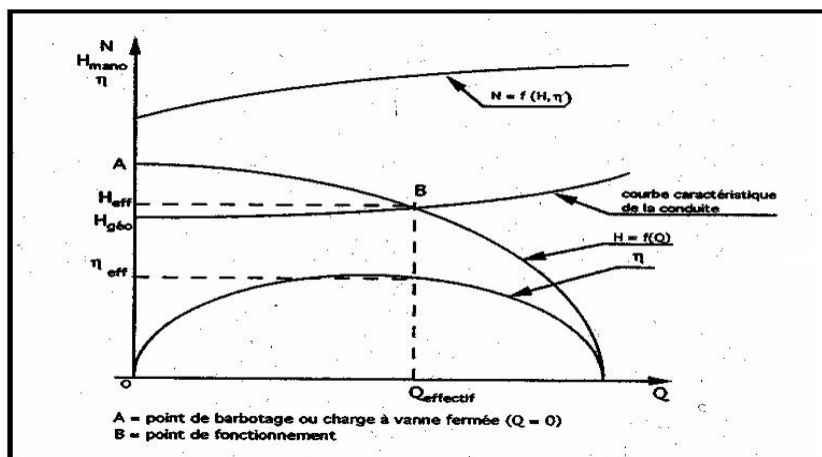


Figure I.4 : Courbes débit- hauteur, rendement et puissance (DUPONT, A.2005)

B. Courbe de rendement. Rendement optimum $\eta(Q)$

Elle présente pour chaque type de pompe un maximum au voisinage duquel il faudra utiliser la pompe. Le rendement tient compte des pertes d'énergie dans les pompes : pertes hydrauliques, volumétriques et mécaniques.

C. Courbe de puissance. Puissance absorbée par une pompe P(Q)

Cette courbe, fonction du débit, est parabolique. Pour les pompes centrifuges, la concavité de la parabole est tournée vers le bas.

La puissance est égale au travail effectué pendant l'unité de temps pour élever le débit correspondant à une hauteur égale à la hauteur manométrique totale d'élévation.

$$P = \frac{Q \times \rho \times HMT \times 1}{\eta} \dots \dots \dots (I.16)$$

Avec :

P : Puissance totale consommée [Wh]

ρ : Masse volumique [kg/m³]

Q : débit [m³/s]

HMT : hauteur manométrique totale (m)

η_g : Rendement global du groupe motopompe ; avec : $\eta_g = f(\eta_e, \eta_h)$

η_e : Rendement du moteur électrique égal à 0,85

η_h : Rendement hydraulique de l'ensemble roue-volute, il est entre 0,6 à 0,7

3). Point de fonctionnement d'une pompe

Pour le résoudre, il nous faut le débit et la hauteur manométrique engendrée par une pompe donnée, débitant dans un réseau ou une conduite.

La perte de charge totale d'une conduite, en fonction du débit du liquide, sera reportée sur un graphique. On obtient ainsi la courbe caractéristique de la conduite. La perte de charge est proportionnelle au carré du débit et la courbe est une parabole.

On peut également représenter la hauteur géométrique d'élévation en fonction du débit, ce qui permet de déterminer d'une façon simple, pour chaque débit, la somme de H_{gm} et J.

4) Choix d'un type de pompe

En fonction des caractéristiques hydrauliques (débit, hauteur manométrique d'élévation) (Figure I.5).

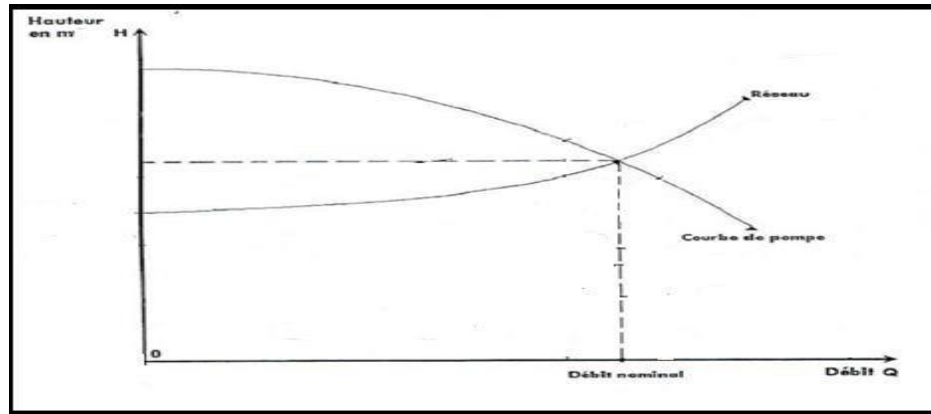


Figure I.5 : Courbes caractéristiques des pompes (DUPONT, A.2005)

5) Couplage en parallèle

Chaque conduite de refoulement aboutit à un collecteur général commun.

*Le débit de collecteur commun sera composé de la Somme des débits de chaque pompe.

* La caractéristique de l'ensemble des groupes sera obtenue en sommant pour une même ordonnée H les débits abscisses de chaque groupe.

La courbe $H=f(Q_1)$ est la courbe $H=f(Q_2)$ commune à chaque pompe. La courbe $H=f(Q_2)$ est obtenue en doublant à chaque fois pour une même hauteur, les abscisses de la première courbe.

Le couplage en parallèle permet d'augmenter le débit dans le réseau: il convient bien pour un réseau présentant des pertes de charge assez faibles (Figure I.6).

Les pompes sont parfois montées en parallèle (by-pass) avec une seule des deux fonctionnant. En cas de panne ou pour une action de maintenance le montage permet alors de continuer à fonctionner en démarrant la deuxième pompe.

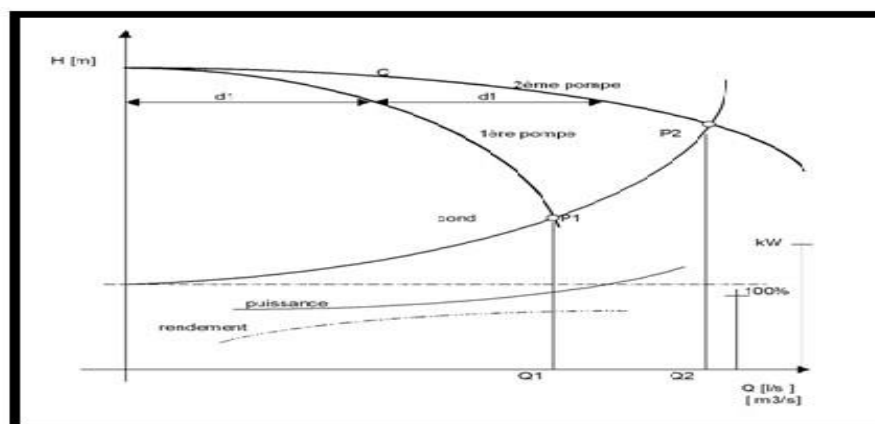


Figure I.6 : Pompe en parallèle (DUPONT, A.2005)

I.3.4 Détermination du volume de la bâche

Le volume total de la bâche est composé de deux volumes :

- Volume utile (V_u).
- Volume mort (V_{mort})

$$V_{b\acute{a}che} = V_u + V_{mort} \dots \dots \dots (I.17)$$

A. Volume utile (V_u)

La bâche d'aspiration de la station de relevage constitue un volume tampon permettant de régulariser le fonctionnement des pompes. Son volume total doit être suffisant pour que le nombre de déclenchements par heure des moteurs ne dépasse pas une valeur maximale donnée par le constructeur.

$$V_u = \frac{Q_p \times t}{4 \times (N-1)} \dots \dots \dots (I.18)$$

Avec :

V_u : Volume de marnage dans la bâche d'eau entre le niveau haut de démarrage et le niveau bas d'arrêt (m^3)

Q_p : Débit de pointe (m^3/h) ;

N : Nombre de pompes identiques et $N-1$ excluant la pompe de secours ;

t : Durée d'un cycle (en h), $t = 1/n$ avec n le nombre maximum de démarrage par heure, ($t = 15$ min).

n : nombre max de démarrage par heure est fonction de la puissance des groupes électropompes, afin de tenir compte de la fatigue de ceux-ci .On peut préconiser (avec P , puissance nominale du moteur) :

$P < 4$ KW : 10 démarrage par heure

$P > 4$ KW : 6 démarrage par heure.

B. Calcul le volume mort V_{mort}

Le volume mort est défini par l'équation suivante :

$$V_{mort} = Q_{ps} \times T \dots \dots \dots (I.19)$$

Avec :

T : temps de remplissage on choisit 2 min

Q_{ps} : le débit de pointe (m^3/h).

I.3.5 Dimensionnement de la bache

Le dimensionnement de la largeur et longueur de la bache, sont déterminées par l'équation suivant :

$$Bb = lp + 4e \dots\dots\dots (I.20)$$

$$Lb = 3Lp + 4e \dots\dots\dots (I.21)$$

Avec :

Bb : largeur de la base de bache en (m)

Lb : longueur de la base de bache en (m)

Lp : longueur de base de pompe (m)

lp : largeur de base de pompe (m)

e : encombrement de la pompe en (m) $e = (0,6 \sim 1,0)$.

I.3.6 : Calcul la hauteur de la station :

La hauteur de la station est composée à deux hauteurs (hauteur de la bache et hauteur de volume mort).

a). Calcul de hauteur de la bache

$$H = \frac{Vb}{S} \dots\dots\dots (I.22)$$

Avec :

V_B : Volume de la bache (m^3)

S : Surface de la bache (m^2) avec ($S = Bb.Lb$).

b). Calcul la hauteur du volume mort

$$h = \frac{V_{mort}}{S} \dots\dots\dots (I.23)$$

Avec :

V_{mort} : Volume mort (m^3)

S : Surface de la bache (m^2).

I.3.7 Application

Le débit qui entre à station de relevage : $Q_{Ps} = 53 \text{ l/s} = 0.053 \text{ m}^3/\text{s}$

Le résultat obtenu pour notre station relevage de Bouzedjar représenté dans les tableaux suivant :

	Vu (m ³)	Vmort (m ³)	Vtot (m ³)	S (m ²)	Hbâche(m)	hmort(m)	Hmarnage(m)	Lpompe(m)	lpompe(m)	Lbâche(m)	lbâche (m)
Bâche	12	6,36	18,36	13,6	3,85	0,46	0,88	0.4	0.89	4,25	3,20

Tableau I.6 : Résultats du dimensionnement de la bâche

	L (m)	HGéo (m)	D (m)	V (m/s)	λ	H _L (m)	H _S (m)	ΔH (m)	HMT (m)	n_g %
Station de relevage	1225	47	0,227	01	0,016	4,66	0,46	5,12	52,12	57%

Tableau I.7 : Résultat de détermination de HMT de la pompe

On cherche dans le marché les pompes qui disponible et qui est les même caractéristique de notre pompe soit ($H_{MT} > H_{MT}$ calculé) et ($Q \geq Q$ calculé, ou proche à Q_0).

Les pompes qui seront utilisées seront de type CAPRARI, suite à ce choix les caractéristiques techniques donnée par le constructeur (**caprari**) seront utilisé pour tracé les courbes caractéristiques des pompes et le calcul de point de fonctionnement.

Les résultats obtenus sont résumé dans ce qui suit (Tableau I.8 et Tableau I.9) (Figure I.7) :

-La courbe de la conduite de refoulement est donnée par :

$$H = H_g + \Delta h = H_g + (1,1 \times H_L) \dots (I.24)$$

Q (l/s)	0	10	20	30	40	50
Δh (m)	0	0,29	1,18	2,66	4,73	7,39
H(m)	47	47,29	48,18	49,66	51,73	54,39

Tableau I.8 : Données caractéristiques de la conduite

Q (l/s)	0	10	20	25	40	45
H(m)	83	69	62	58,7	49,4	47

Tableau I.9 : Données caractéristiques de la pompe

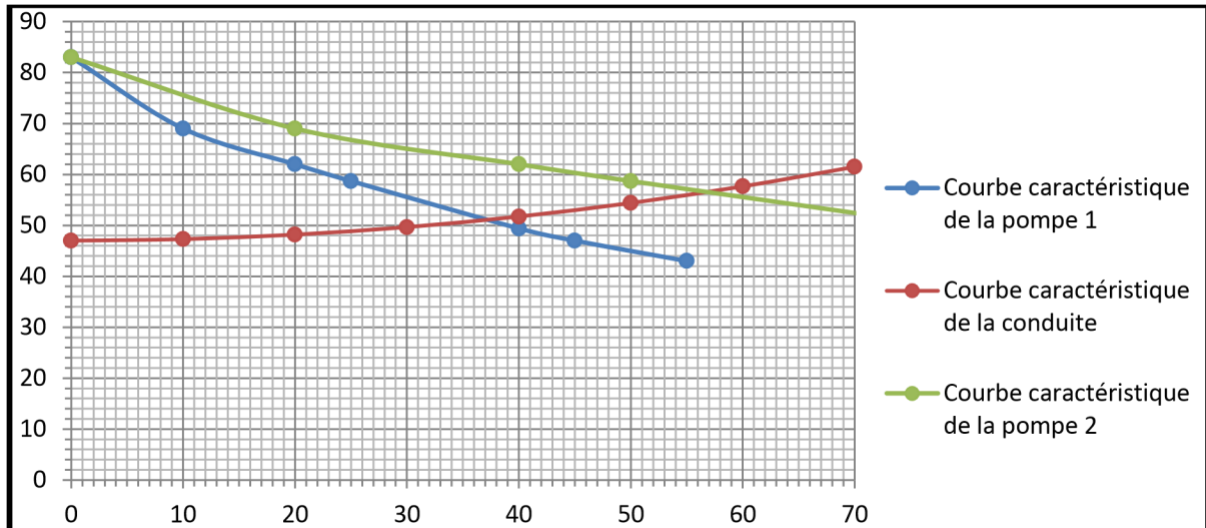


Figure I.7 : Courbes caractéristiques des 3 pompes

A partir de la courbe de la figure I.7 nous proposons trois pompes immergées (deux en marche et une pompe de secours) de type CAPRARI avec les caractéristiques suivantes :
Point de fonctionnement est $Q = 37 \text{ l/s}$

HMT = 51 m.

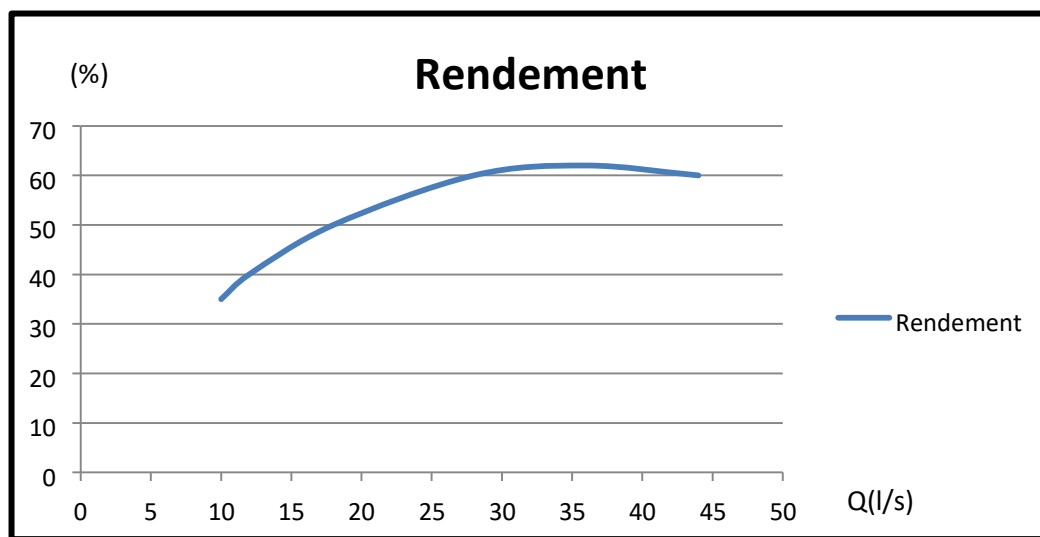


Figure I.8 : Courbe rendement des pompes

Le rendement est de 57%

Débit de chaque pompe est : $Q_1 = 25 \text{ l/s}$.

Numéro de série de la pompe dans le marché : KCM100NA+ 032022N1 de type électropompes pour eaux chargées en fosse sèche, la figure suivante représente schéma de la pompe (Figure I.9) :

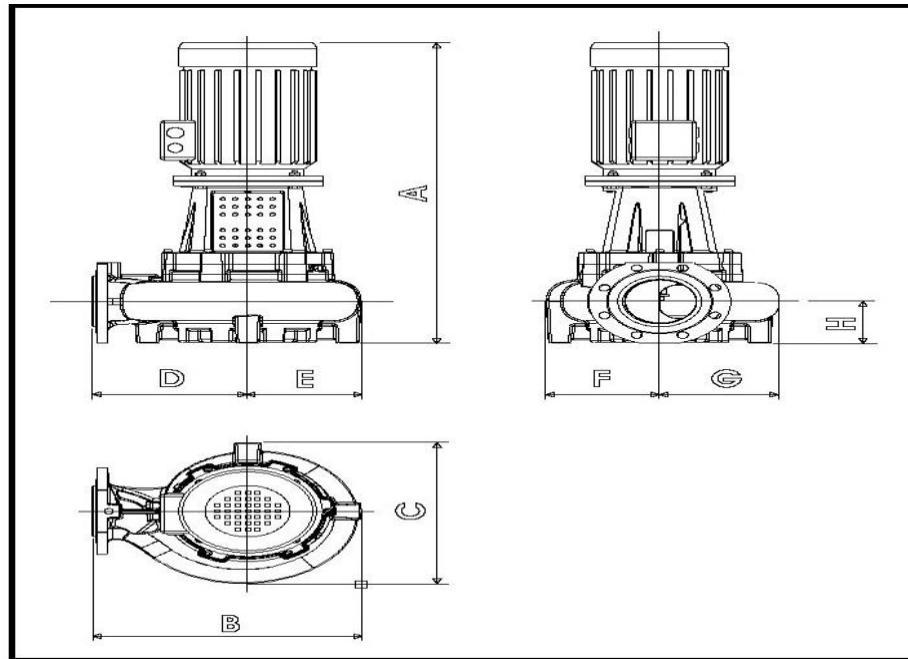


Figure I.9 : Schéma de la pompe CAPRARI (*CAPRARI caractéristiques technique*)

Electropompe accouplée à un moteur électrique de surface IP 55 pour installation automatique immergé

Moteur : constructeur de première importance CEE 4P - IP 68 - 400 V - 50 Hz (P2= 32 kW).

➤ **Caractéristiques de la pompe**

- Asynchrone triphasé, fermé normalisé suivant les normes UNEL - CEI, ventilation extérieure, rotor en court-circuit.
- Forme de construction B5 / V1.
- Protection IP 68.
- Classe d'isolation F
- Accouplement direct par joint rigide.

La figure (Figure I.10) suivante représente schéma du corps de la pompe :

➤ **Données techniques / Caractéristiques**

Q : 25.5 l/s

H : 83 m

Roue type : Monocanal

Passage libre : 80 mm

Nombre de pôles : 2

Fréquence : 50 Hz

Monophasé / Triphasé : 3~

Puissance moteur P2 : 32 kW

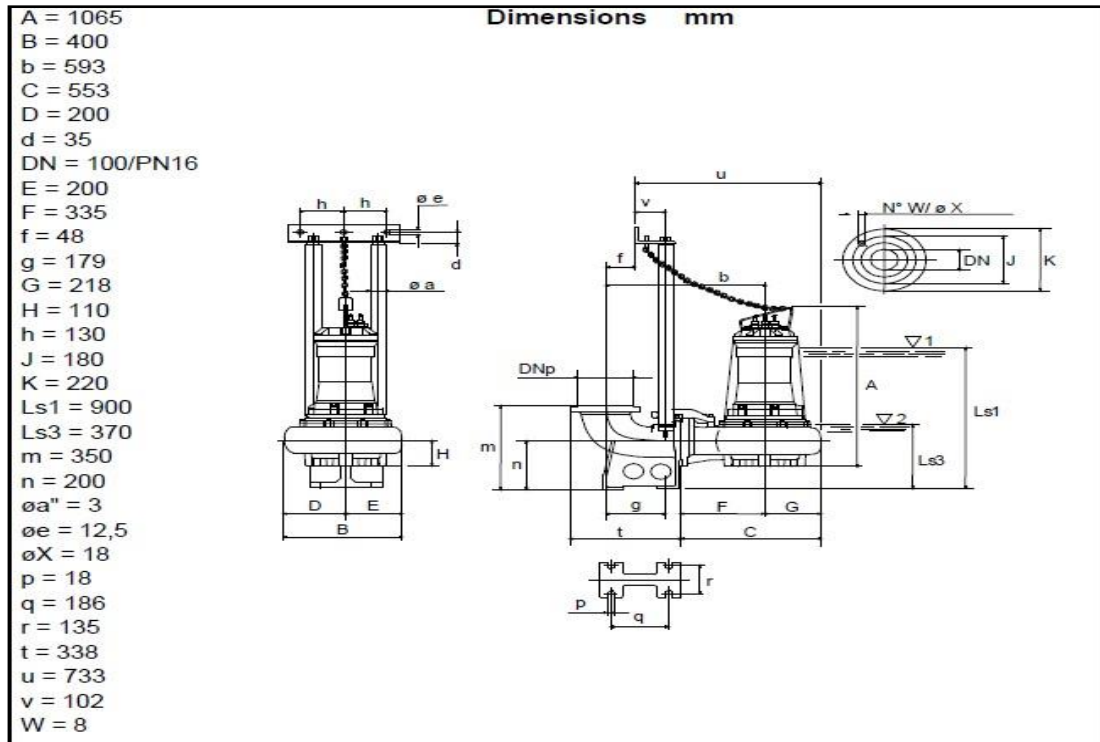


Figure I.10 : Schéma de la pompe (*CAPRARI caractéristiques technique*)

I.3.8 Calcul de coup de bélier

Le coup de bélier est un phénomène de surpression qui apparaît au moment de la variation brusque de la vitesse d'un liquide, par suite d'une fermeture/ouverture rapide d'une vanne, d'un robinet ou du démarrage/arrêt d'une pompe.

Cette surpression peut être importante, elle se traduit souvent par un bruit caractéristique, et peut entraîner la rupture de la conduite dans les grosses installations, du fait de la quantité d'eau en mouvement. Alors la perturbation engendrée se propagera avec la célérité (c). Cette célérité est équivalente à la vitesse de propagation de l'onde de pouls. Ce problème peut être résolu avec la mise en place d'un anti-bélier.

En utilisant le phénomène du coup de bélier, il est possible de concevoir un dispositif permettant de pomper de l'eau à une certaine hauteur sans autre énergie que la force de la même eau, c'est le bélier hydraulique. Mais l'avantage du coup de bélier est qu'il existe une relation avec la vitesse moyenne du liquide et la célérité de l'onde de pression.

$$H_{max} = \frac{c \times v_0}{g} \dots \dots \dots (I.25)$$

Avec :

H_{max} : Hauteur Max du coup de bélier.

c : célérité de l'onde.

v_0 : vitesse moyenne ; $v_0 = 1\text{ m/s}$ - g : constante de gravitation.

Cette onde plane se déplace avec la célérité c donnée par la formule d'Alliévi :

$$c = \sqrt{\frac{1}{\rho \left(\frac{1}{E} + \frac{D}{Ee} \right)}} \dots\dots\dots (1.26)$$

Ou :

$$c = \frac{v_s}{\sqrt{1 + \frac{E}{E} \frac{D}{e}}} \dots\dots\dots (1.27)$$

Avec :

c : Célérité de l'onde pression

v_s : Vitesse du son dans le liquide à 15°C (1420 m/s environ)

E : Module d'élasticité de l'eau N/m² (pour l'eau à 10°C, $E = 2.05 \times 10^9$ N/m²)

E : Module de Young du matériau de la conduite en Kg/m² ($E = 1400$ Mpa pour le PE 100).

D : Diamètre de la conduite : $D = 277.3$ mm.

e : épaisseur de la conduite : $e = 22.7$ mm.

ρ : Masse volumique du liquide en Kg/m³, égale à 1000 Kg/m³ pour l'eau

On calcule la pression au moment du retour par la formule suivante (Tableau I.10) :

$$P_r = H_g + H_{max} \dots\dots\dots (1.28)$$

C (m/s)	H_{max} (m)	P_r (m)	P_r (bar)
402.03	41	88	8.8

Tableau I.10 : Calcul de coup de bélier

La pression de service de la conduite $P_s = 16$ bar alors $P_r < P_s$ donc l'installation d'un anti-bélier n'est pas nécessaire.

I.3.9 Etude électrique de la station de relevage STR

La station comprend les ouvrages suivants :

- La bache à eau local des pompes, salle des armoires et commande des pompes.
- Local du groupe générateur de secours.
- Local du poste transformateur.
- Regards des vannes.

Données de base

- Débit total de refoulement : $Q_t = 53$ l/s
- débit unitaire de refoulement des pompes est de 26,5 l/s
- La hauteur manométrique totale est de 53 m
- nombre de pompes est de : 2 unités

I.3.9.1 Détermination de la puissance de la pompe

$$P_p = \frac{g \times HMT \times Q}{\eta_p} \dots\dots\dots (I.29)$$

Avec :

P_p = puissance de la pompe (kW)

η_p = rendement de la pompe (%)

$$P_p = 9,81 \times 53 \times 26,5 / 0,57 = 24,17 \sim 25.5 \text{ kW}$$

I.3.9.2 Détermination de la puissance du moteur

$$P_m = \frac{P_p}{\eta_m} \dots\dots\dots (I.30)$$

Avec :

P_m : Puissance du moteur (kW)

η_m : Rendement du moteur (%)

$$P_m = 24.5 / 0.8 = 30.62 \text{ kW}$$

I.3.9.3 Calcul du courant nominal

L'électropompe est entraînée par moteur asynchrone de puissance $P_m = 32$ kW

$$I_n = \frac{P_m}{U_n \times \sqrt{3} \times \cos \theta} \dots\dots\dots (I.31)$$

U_n : Tension nominale du réseau triphasé 400 v à 50 Hz.

$\cos \varnothing =$ Déphasage entre la tension et le courant.

$$I_n = 30,62/400 \times \sqrt{3} \times 0,84 = 52,7 \text{ A}$$

I.3.9.4 Fonctionnement de la station de relevage

On prévoit des capteurs de niveau dans la bache d'aspiration pour le démarrage et l'arrêt des pompes.

- Au-dessous du niveau bas d'aspiration NBA les pompes sont à l'arrêt.
- Au niveau N1, pompe1 démarre.
- Au niveau N2, pompes2 démarre et pompe1 s'arrête
- Au niveau N3, la pompe1 et pompe2 démarrent.

I.3.9.5 Calcul de la puissance apparente nécessaire

$$P_t = 2 \times P_m + P \text{ éclairage (int et ext) } + P \text{ dégrilleur(I.32)}$$

$$P_t = 2 \times 30,62 + 3,73 + 5 = 70 \text{ kW}$$

-Puissance transformateur :

$$P_{tr} = \frac{P_t}{\cos \theta} \text{(I.33)}$$

$$P_{tr} = 70/0,84 = 83,33 \text{ kVa}$$

$$P_{tr} = 83,33 \times k_a = 91.66 \text{ kVa}$$

On opte pour un transformateur normalisé de 100 kVa

On prévoit un groupe électrogène de secours de 100 kVa

I.3.9.6 Caractéristique du circuit de puissance

-Le courant nominale : 52,7 A

- La section du câble de puissance : $4 \times 16 \text{ mm}^2$ Cuivre
- On prévoit au moins trois prises de courant 400 V + terre près de chaque pompe avec protection normalisée
- Une mise à la terre de tous les équipements et masses métalliques afin de protéger le personnel opérant des défauts (mise à la terre des armoires électriques, coffret, moteur, conduites, vannes, porte métalliques, cornières métalliques.....).

I.4 conclusion

Dans ce chapitre, nous avons commencé par prendre connaissance de la commune de Bouzedjar, puis nous avons montré les résultats des travaux[1] d'exploration de réseau d'assainissement actuel de la commune et redimensionnement de la station de relevage et conduite de refoulement, qui représentent les principaux points de l'étude à laquelle nous avons appliqué à notre projet. Cette partie de la station de relevage en vue de l'automatisée est un ouvrage hydraulique composé d'un bassin d'aspiration en béton armé destiné à la collecte des eaux usées et plusieurs pompes qui doivent relever automatiquement les eaux usées collectées dans le bassin vers un ouvrage situé à un niveau plus élevé.

Chapitre II
Automates programmable et
systemes automatisés

II.1 Introduction

Un système est dit automatisé lorsque le processus qui permet de passer d'une situation initial a une situation finale se fait sans intervention humaine, et que ce comportement est répétitif chaque fois que les conditions qui caractérisent la situation initiale sont remplies.

L'automatisation conduit à une très grande rapidité, une meilleure régularité des résultats et évite à l'homme des tâches pénibles et répétitives.

II.2 Automatisation et objectif

L'automatisation est la discipline traitant d'une part la caractérisation des systèmes automatisés et d'autre part le choix de la conception et de la réalisation de la partie commande. Il s'agit donc d'étudier les systèmes :

- Réalisant leurs fonctions en relative autonomie.
- Assurant un contrôle des performances par la mise en place possible d'une chaîne de retour.

Hors les objectifs à caractères financiers on trouve :

- Eliminer les tâches répétitives.
- Simplifier le travail de l'humain.
- Augmenter la sécurité.
- Accroître la productivité.
- Economiser les matières premières et l'énergie.
- Maintenir la qualité.

II.3 Structure des systèmes automatisés

Un système automatisé est toujours composé d'une partie commande (PC), et d'une partie opérative(PO). Elle comporte en générale un boîtier contenant :

- Des actionneurs (transformant l'énergie reçu en énergie utile : moteur, vérin, lampe).
- Des capteurs (transforment la variation des grandeurs physiques liée au fonctionnement de l'automatisation en signaux électriques : capteur de position, de température, bouton poussoir).

Pour faire fonctionner ce système, l'opérateur va donner des consignes à la partie(PC) par l'introduction d'un programme, celle-ci va traduire ces consignes en ordres qui vont être exécuté par la(PO).Ce secteur de l'automatisme gère selon une suite logique le déroulement ordonné des opérations à réaliser. Il reçoit des informations en provenance des capteurs de la partie opérative, et les restitue vers cette même partie en direction des pré-actionneurs et actionneurs.

Une fois les ordres accomplis, la PO va le signaler à la PC (compte -rendu) qui va à son tour le signaler à l'opérateur, ce dernier pourra donc dire que le travail a bien été réalisé.

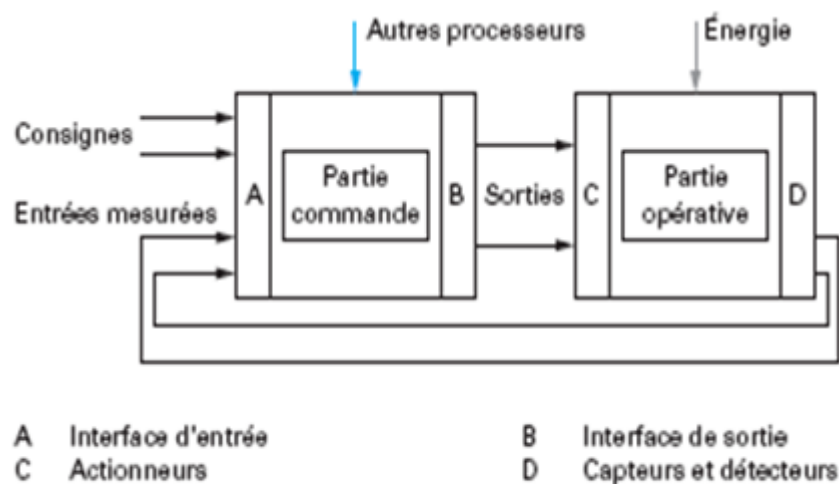


Figure II.1 : Structure fonctionnel d'un système automatisé.

L'automate programmable reçoit les informations relatives à l'état du système et puis commande les pré-actionneurs suivant le programme inscrit dans sa mémoire

Un **automate programmable** est adaptable à un maximum d'application, d'un point de vue traitement, composants, langage. C'est pour cela qu'il est de construction modulaire.

II.3.1 Partie opérative(PO) ou actionneur

Dans un circuit hydraulique, les actionneurs constituent l'outil indispensable pour convertir l'énergie hydraulique en énergie mécanique ou l'inverse. Ce sont les éléments impliqués dans la partie opérative et qui exécute les ordres, en agissant sur le processus physique.

Chaque machine ou partie opérative comprend un ensemble de moteurs, vérins, vannes et autres dispositifs qui lui permet de fonctionner. Ces moteurs, vérins, vannes et autres dispositifs s'appellent actionneurs, ils sont pilotés par un automate ou partie commande.

Les actionneurs nécessaires à la conception de notre système sont les pompes et les relais.

II.3.2 Partie transmission d'information(TI) ou Capteurs

La partie commande élabore les ordres transmis aux actionneurs à partir des informations fournies par la machine ou l'ouvrage au moyen de mesure de débit, mesure de niveau, thermostats, contacts de position et autres dispositifs appelés capteurs. Un capteur est un transducteur capable de transformer une grandeur physique en une autre grandeur physique généralement électrique (tension) utilisable par l'homme ou par le biais d'un instrument approprié. Sa complexité dépend de l'importance du système et nécessaire au bon fonctionnement de la station et à la maintenance. Elle regroupe les différentes informations de l'état du système en vue de le commander et les transmettes à la partie commande.

II.3.2.1 Différent type des captures de niveau

La mesure de niveau est une mesure continue ou discontinue, ce fait en utilisant des capteurs de différents types : [5]

II.3.2.1.1 Capteur à mesure par pression

Un capteur de pression mesure la pression relative au fond du réservoir. Cette pression est l'image du niveau L du liquide (**figure II.2**). C'est-à-dire que le capteur délivre un signal proportionnel au niveau de liquide dans le réservoir.

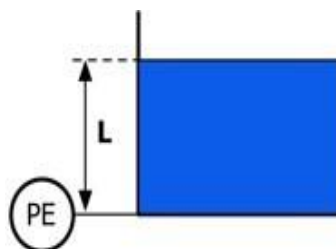


Figure II.2 : Principe mesure de niveau par capteur de pression.

II.3.2.1.2 Capteurs à mesure par onde (Capteur de type acoustique ou de type Radar)

Le capteur émet un signal acoustique ou électromagnétique selon le type à utilisé, et reçoit le même signal pour mesurer la distance parcourus entre la position du capteur et la surface du liquide et alors continuellement délivre un signal proportionnel au niveau de liquide dans le réservoir.



Figure II.3 : Capteur de niveau acoustique.

II.3.2.1.3 Capteur à mesure par contact de type flotteur TOR

La mesure de niveau dans ce type de capteur est une mesure discontinue. Le capteur est implanté à certain niveau dans le réservoir et délivre un signal électrique lorsque le liquide touche le capteur sinon pas de signal électrique lorsque le liquide est inférieur au capteur

(Tout ou Rien, TOR en abrégé). Ce type de capture est utilisé dans notre étude



Figure II.4 : Photo du capteur flotteur.

II.3.3 Partie commande(PC)

C'est la partie qui gère le fonctionnement du système automatisé, elle est composée d'un automate qui contient dans ses mémoires un programme. Elle transmet les ordres aux

actionneurs de la partie opérative à partir :

- Du programme qu'elle contient.
- Des informations reçues par les capteurs.
- Des consignes données par l'utilisateur ou par l'opérateur.

II.4 Automate programmable

L'automate programmable industriel ou API ou encore PLC (programmable logic controller) en anglais est un appareil électronique programmable, qui réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de pré-actionneurs et d'actionneurs (relais, moteurs, lampes, vannes etc...) à partir d'informations logique, analogique ou numérique. [2]

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

Un **automate programmable** est adaptable à un maximum d'application, d'un point de vue traitement, composants, langage. C'est pour cela qu'il est de construction modulaire.

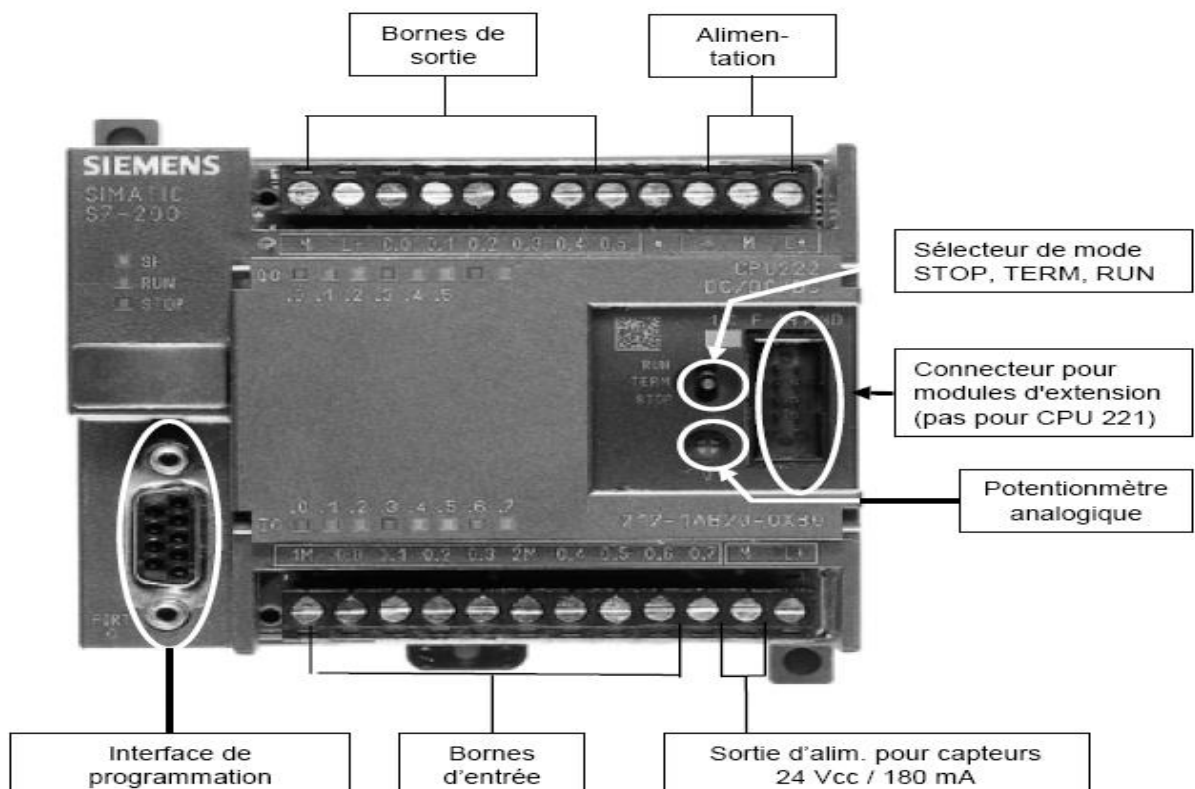


Figure II.5 : Aspect extérieur d'un automate S7-200 CPU222.

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

Le rôle de l'automate est de réagir aux changements d'état de ses entrées en modifiant l'état de ses sorties selon une loi de contrôle déterminée a priori par le concepteur du système.

Cette loi est dite combinatoire si, à chaque instant, l'état des sorties peut être directement déduit de l'état des entrées. Elle est de type séquentiel, s'il faut en plus tenir compte de l'évolution antérieure du système. Cette dernière peut en général être complètement décrite par l'état d'un nombre fini de variables logiques mémorisées au sein de l'automate. [3]

La possibilité d'intervention d'un opérateur humain a également été symbolisée à la (figure II.6)

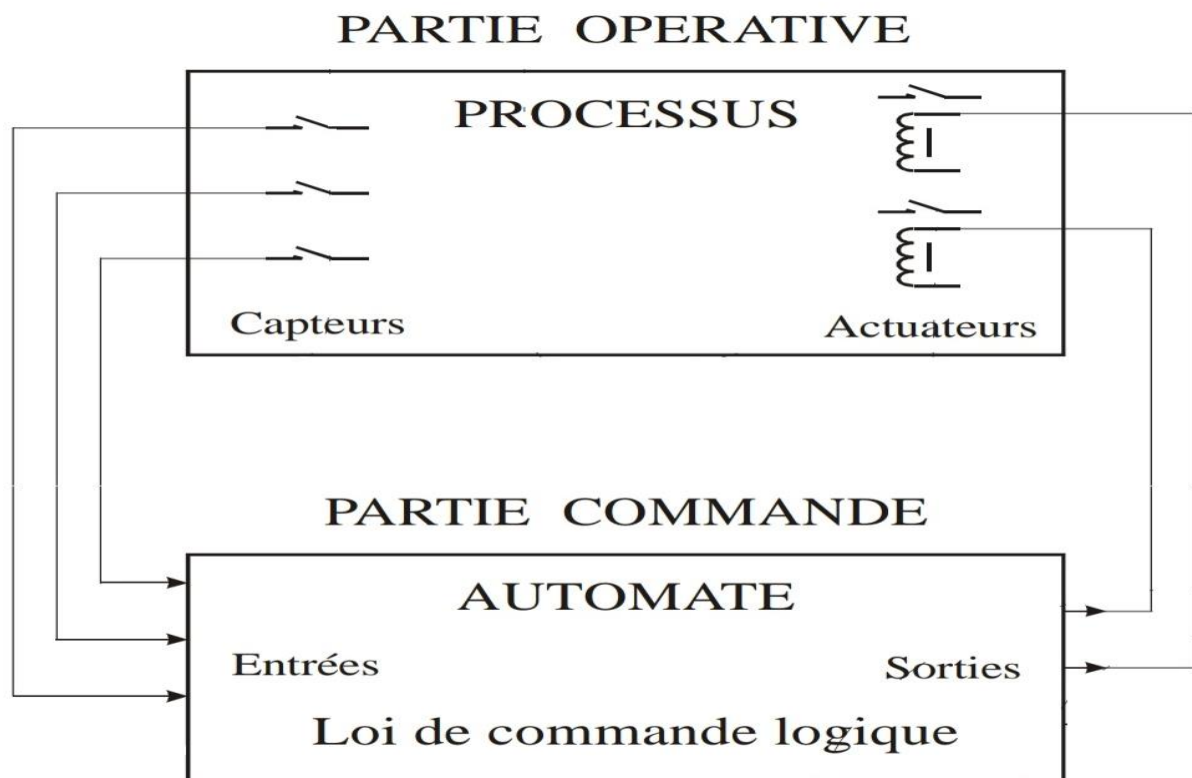


Figure II.6 : Le contrôle logique d'un processus.

II.4.1 Critères de choix d'un automate

Le choix d'un automate programmable est généralement basé sur :

- **Nombre d'entrées / sorties** : le nombre de cartes peut avoir une incidence sur le nombre de racks dès que le nombre d'entrées / sorties nécessaires devient élevé.
- **Type de processeur** : la taille mémoire, la vitesse de traitement et les fonctions spéciales offertes par le processeur permettront le choix dans la gamme souvent très étendue.
- **Fonctions ou modules spéciaux** : certaines cartes (commande d'axe, pesage ...) permettront de soulager le processeur et devront offrir les caractéristiques souhaitées (résolution ...).
- **Fonctions de communication** : l'automate doit pouvoir communiquer avec les autres systèmes de commande (API, supervision ...) et offrir des possibilités de communication avec des standards normalisés (Profibus ...) [4]

Un automate utilisant des langages de programmation de type GRAFCET est également préférable pour assurer les mises au point et dépannages dans les meilleures conditions.

La possession d'un logiciel de programmation est aussi source d'économies (achat du logiciel et formation du personnel). Des outils permettant une simulation des programmes sont également souhaitables.

II.4.2 Avantages des automates programmables

- Evolutivité : très favorable à l'évolution. très utilisé en reconstruction d'armoire.
- Fonctions : assure les fonctions Conduites, Dialogue, Communication et Sécurité.
- Taille des applications : gamme importante d'automate.
- Vitesse : temps de cycle de quelque ms.
- Modularité : haute modularité. présentation modularité en rack
- Architecture de commande : centralisée ou décentralisée avec l'apparition d'une offre importante en choix de réseaux, bus de terrain, blocs E/S déportées.
- Maintenance : échange standards et aide au diagnostic intégrée.[4]

II.4.3 Matériels internes de l'automate

La structure matérielle interne d'un API obéit au schéma donné sur la (figure II.7).

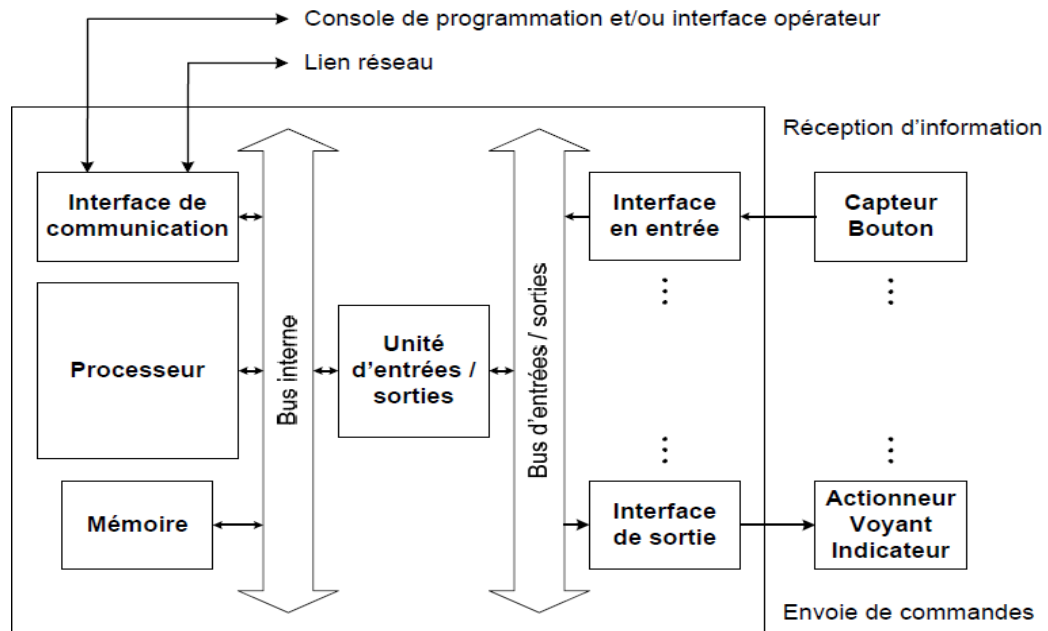


Figure II.7 : Structure interne de l'automate

a) Processeur

Cœur de l'appareil, dans l'unité centrale CPU est une carte électronique bâtie autour de la (ou des) « puce(s) » processeur(s), qui assure au moins les fonctions suivantes :

- Opérations logiques sur bits (le bit, contraction de « binary digit », étant l'information élémentaire à deux états) ou sur mots (ensemble de bits, le plus souvent 16 bits pour les API).
- Temporisation et comptage.
- Opération arithmétique.

b) Les modules d'entrées/sorties

Ils assurent le rôle d'interface entre la CPU et le processus, en récupérant les informations sur l'état de ce dernier et en coordonnant les actions.

Plusieurs types de modules sont disponibles sur le marché selon l'utilisation souhaitée

- Modules TOR (Tout Ou Rien): l'information traitée ne peut prendre que deux états (vrai/faux, 0 ou 1 ...). C'est le type d'information délivrée par une cellule photoélectrique, un bouton poussoir ...etc.

- Modules analogiques : l'information traitée est continue et prend une valeur qui évolue dans une plage bien déterminée. C'est le type d'information délivrée par un capteur (débitmètre, capteur de niveau, thermomètre...etc.).
- Modules spécialisés : l'information traitée est contenue dans des mots codes sous forme binaire ou bien hexadécimale. C'est le type d'information délivrée par un ordinateur ou un module intelligent. [4]

c) Mémoire (Éléments de stockage)

Le stockage des données et des programmes s'effectue dans des **mémoires**. La mémoire vive (RAM) est volatile mais secourue par batterie. La mémoire morte (ROM) dont l'utilisateur ne peut que lire le contenu, contient le système d'exploitation, tandis que les programmes installés (utilisables) peuvent se stocker dans des mémoires reprogrammables (EEPROM) ou mémoire flash.

La capacité de stockage d'une mémoire s'exprime en kilooctets (Ko) : 1 Ko = 1024x8 bits). Il faut connaître la capacité minimale utile de l'API, mais aussi la capacité maximale que l'on peut obtenir par diverses extensions. La mémoire des automates est très inférieure à celle des microordinateurs.

➤ RAM (Random Access Memory) qui permet de :

- Stocker les informations temporaires d'états et de calculs, en particulier des images des entrées/sorties.
- Stocker le programme utilisateur : Programme de logique de contrôle.

L'automate dispose aussi de ROM « Read Only Memory » ou PROM « Rom Programmable » qui permet de stocker le système d'exploitation, le programme et les données système lors du fonctionnement de RAM.

d) Interface de communication et de liaison

Les **liaisons** s'effectuent :

- avec l'extérieur par des **borniers** (à visser, à clipser, etc.) sur lesquels arrivent des câbles transportant le signal électrique :
- avec l'intérieur par des **bus**, liaisons parallèles entre les divers éléments, il peut y avoir plusieurs bus, car on doit transmettre des données, des états, des adresses.

II.4.4 Matériels externes (Auxiliaires)

Il s'agit principalement de :

- L'**alimentation électrique** : Peut être fourni par l'automate (en général 24v continu) ou par une source extérieure.
- D'un **ventilateur** : indispensable dans les châssis comportant de nombreux modules ou dans le cas où la température ambiante est susceptible de devenir assez élevée (plus de 40 °C).
- Du **support mécanique** : Il peut s'agir d'un rack (structure métallique accueillant des cartes avec généralement un raccordement arrière), l'automate se présentant alors sous forme d'un ensemble de cartes, d'une armoire, d'une grille et des fixations correspondantes
- **D'indicateurs d'état** : concernant la présence de tension, l'exécution du programme (mode RUN), la charge de la batterie, le bon fonctionnement des coupleurs...

II.5 Branchement des modules d'entrées/sorties de l'automate (E/S)

Les modules d'entrées/sorties assurent le rôle d'interface de la partie commande (PC) et la partie opérative (PO) (**figure II.8**) [5], où l'automate récupérant les informations sur l'état de ce processus et coordonnant en conséquence les actions, les actionneurs agissent physiquement sur le système pour atteindre les objectifs prescrits.

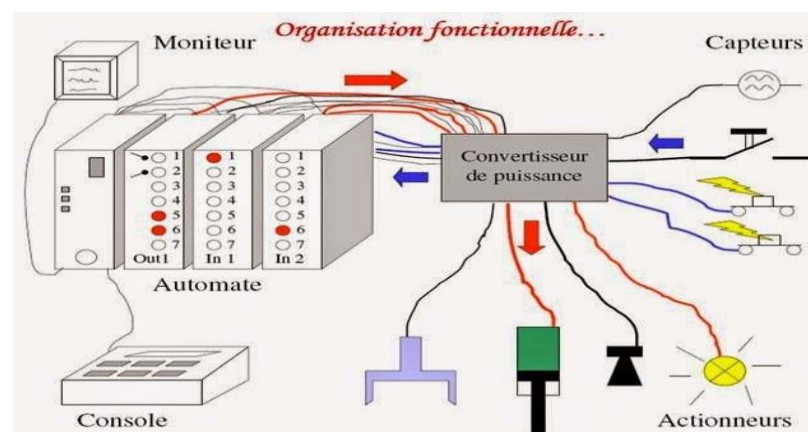


Figure II.8 : Câblage de la partie opérative et la partie commande (automate).

- Les modules d'entrées traduisent les signaux industriels (tension, courant, résistance, pulsation...) en information logique ou numérique interprétable par le processeur.

Inversement, les modules de sorties traduisent les commandes du processeur en des signaux

industriels.

- Ces modules comportent 1, 4, 8, 16 ou 32 voies (ports) d'entrée et/ou de sortie (**figure II.9**). [5]

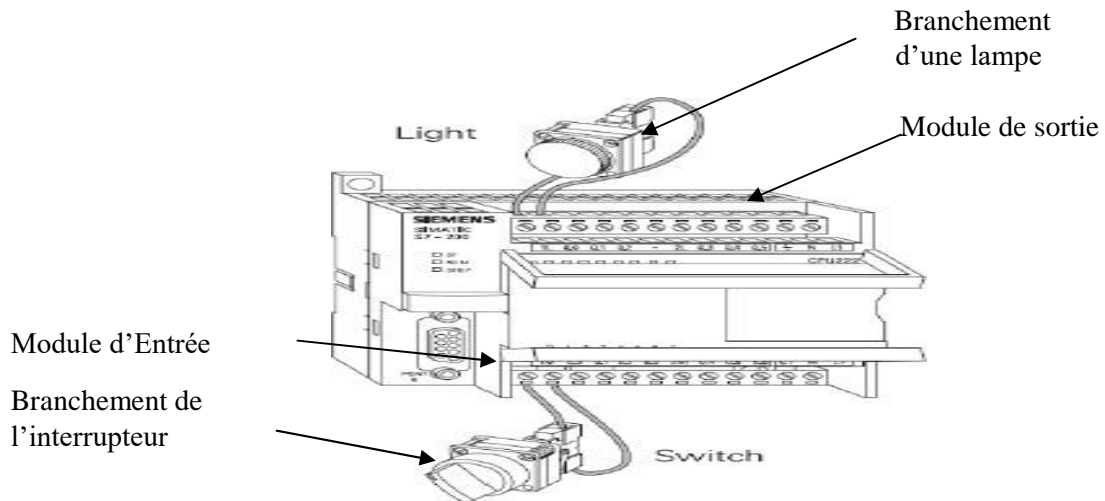


Figure II.9 : Branchement du module E/S de l'automate SIEMENS

II.5.1 Branchement des Entrées TOR

Le principe de raccordement consiste à envoyer un signal électrique vers l'entrée choisie sur l'automate dès que l'information est présente.

L'alimentation électrique peut être fourni par l'automate (en général 24V continu) ou par une source extérieure. [8]

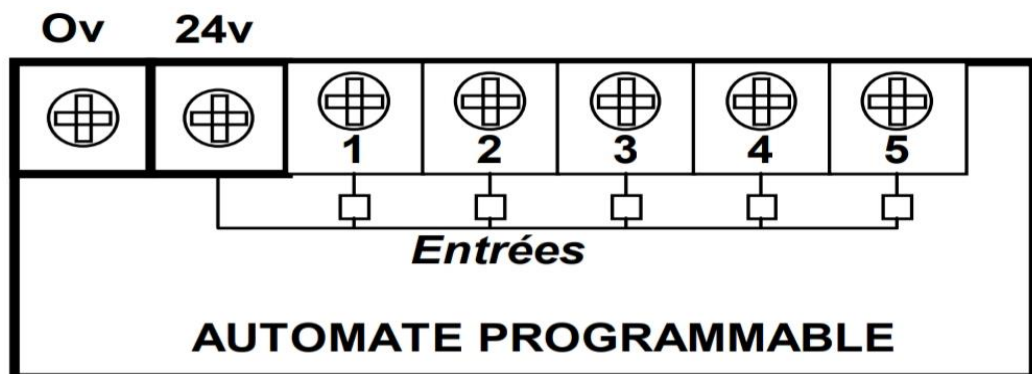


Figure II.10 : Branchement du module d'entrée.

II.5.2 Branchement des sorties

Le principe de raccordement consiste à envoyer un signal électrique vers le pré-actionneur connecté à la sortie choisie de l'automate dès que l'ordre est émis.

L'alimentation électrique est fournie par une source extérieure à l'automate programmable. [8]

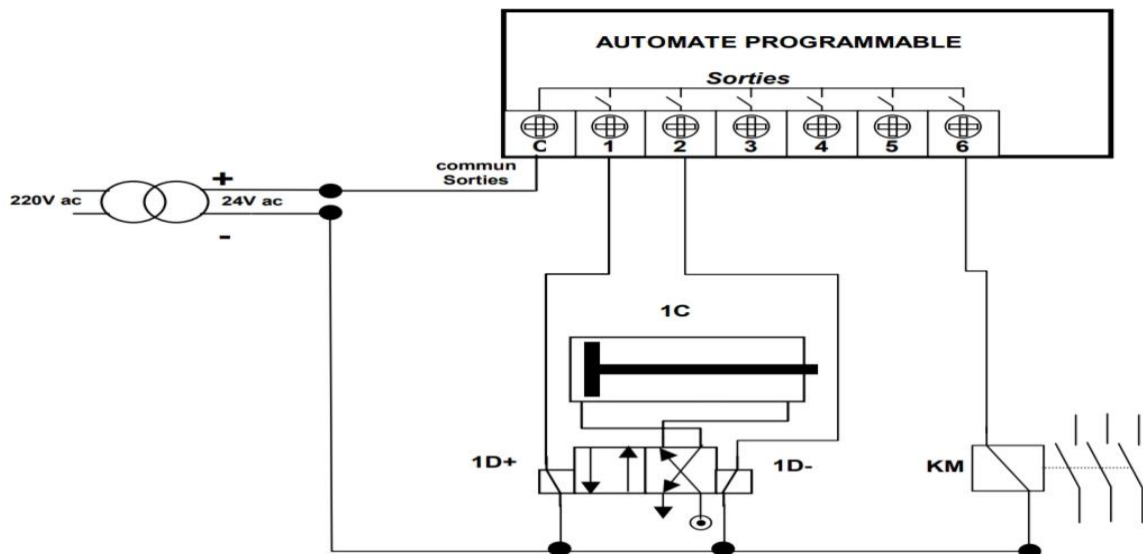


Figure II.11 : Branchement du module de sortie

II.5.3 Affectation et écriture des entrées/sorties

L'affectation des entrées et des sorties permet de faire l'**adressage** entre le matériel (capteurs, actionneurs) et l'automate (API) en fonction de son câblage. D'un point de vue de la programmation on travaillera sur l'adressage des E/S.

Les entrées et les sorties analogiques sont notées par un mot de la façon suivante : %Xy.z

x : Les sorties analogiques seront notées par la lettre Q (Output).

Les entrées analogiques seront notées par la lettre I (Input).

y : C'est l'emplacement physique du module analogique

z : C'est le numéro de la voie utilisée

II.6 Programmation de l'automate

Les programmes utilisés avec les API peuvent être écrits dans différents formats.

Le CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique) a adopté en 1993 le texte (65B) de la CEI (Commission Electrotechnique Internationale) comme norme EN 61131 pour la commande des processus industriels.

La norme CEI 1131-3 définit cinq langages qui peuvent être utilisés pour la programmation des automates programmables industriels. Ces cinq langages sont :

1. Le langage à contacts LD (Ladder Diagram)
2. Liste d'instruction IL (Instruction List)
3. Blocs Fonctionnels FBD (Function Block Diagram)
4. Langage littérale structuré ST (Structured Text)
5. Le langage SFC (Sequential Function Chart), ou GRAFCET.

Un automate utilisant des langages de programmation de type GRAFCET est également préférable pour assurer les mises au point et dépannages dans les meilleures conditions. A cet effet on va programmer l'automate par le langage GRAFCET.

II.6.1 Langage de programmation GRAFCET ou SFC (Sequential Function Chart)

Le GRAFCET, langage de spécification, est utilisé par certains constructeurs d'automate (Schneider, Siemens) pour la programmation. Parfois associé à un langage de programmation, il permet une programmation aisée des systèmes séquentiels tout en facilitant la mise au point des programmes ainsi que le dépannage des systèmes. On peut également traduire un grafcet en langage en contacts et l'implanter sur tout type d'automate.[2]

Certains logiciels permettent une programmation totale en langage GRAFCET et permettent de s'adapter à la plupart des automates existants (logiciels CADEPA ou AUTOMGEN).

La possession d'un logiciel de programmation est source d'économies et les outils qui permet une simulation des programmes sont également souhaitables, pour se faire on a choisi le logiciel AUTOMGEN.

Le GRAFCET un langage graphique utilisé pour décrire les opérations séquentielles.

Le procédé est représenté comme une suite connue d'étapes (états stables), reliées entre elles par des transitions, une condition booléenne est attachée à chaque transition.

Les principales règles graphiques sont :

- un programme GRAFCET doit contenir au moins une étape initiale.
- Une étape ne peut pas être suivie d'une autre étape.
- une transition ne peut pas être suivie d'une autre transition.

Il décrit les ordres émis par la partie commande vers la partie opérative en mettant en évidence les actions engendrées.

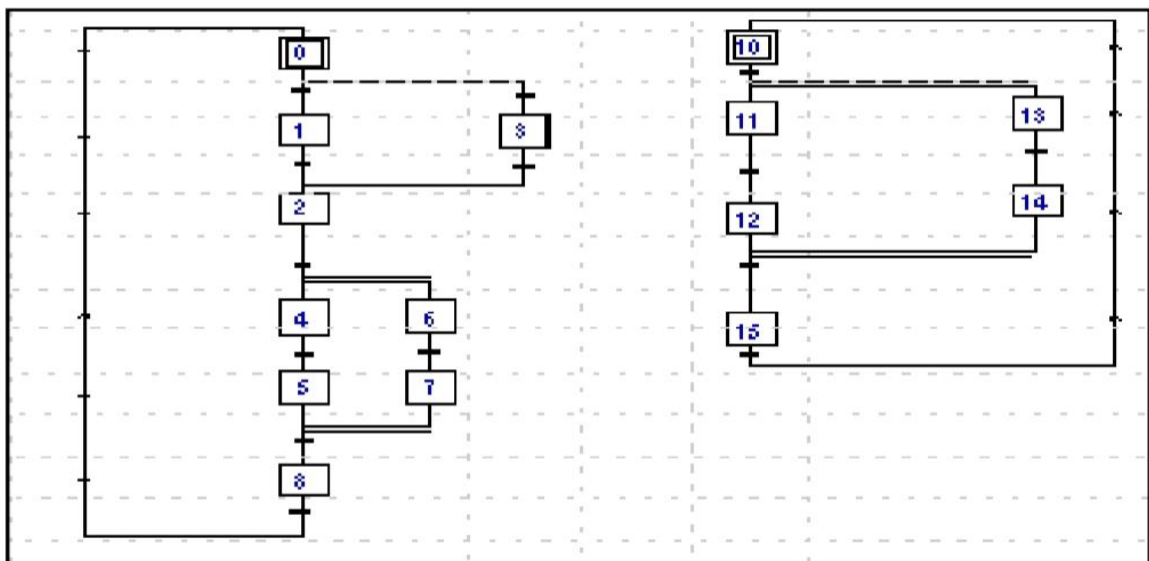


Figure II.12 : le langage GRAFCET (Sequential Function Chart)

II.6.2 Définitions général de l'outil GRAFCET

Le Grafcet (**G**raphe **F**onctionnel de **C**ommande **E**tape- **T**ransitions) est un outil graphique de définition pour l'automatisme séquentiel, en tout ou rien. Mais il est également utilisé dans beaucoup de cas combinatoires, dans le cas où il y a une séquence à respecter mais où l'état des capteurs suffirait pour résoudre le problème en combinatoire. Il utilise une représentation graphique. C'est un langage clair, strict mais sans ambiguïté, permettant par exemple au réalisateur de montrer au donneur d'ordre comment il a compris le cahier des charges. Langage universel, indépendant (dans un premier temps) de la réalisation pratique (peut se "câbler" par séquenceurs, être programmé sur automate voire sur ordinateur).

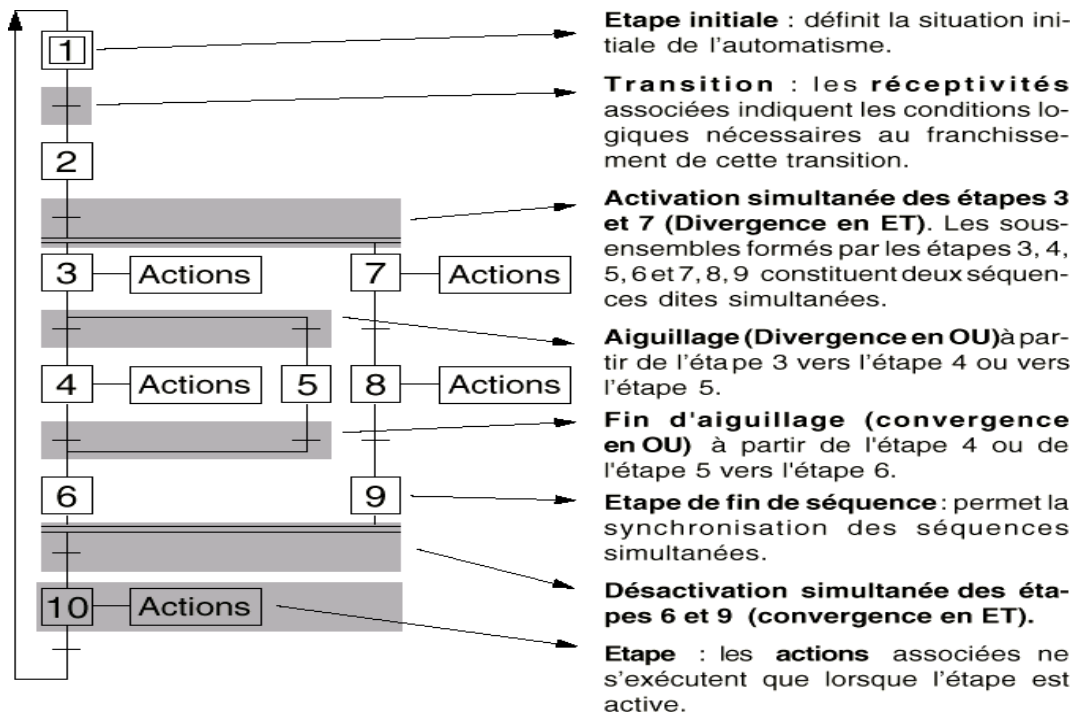
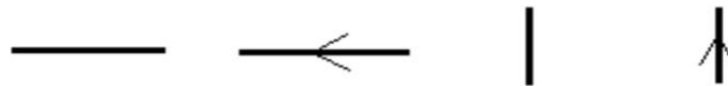


Figure II.13 : Structure fonctionnel général du GRAFCET

II.6.3 Composition du grafcet

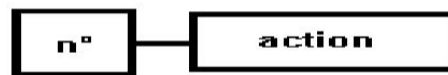
Un Grafcet est composé d'étapes, de transitions et de liaisons.

Une liaison est un arc orienté (ne peut être parcouru que dans un sens). A une extrémité d'une liaison il y a une (et une seule) étape, à l'autre une transition. On la représente par un trait plein rectiligne, vertical ou horizontal. Une verticale est parcourue de haut en bas, sinon il faut le préciser par une flèche. Une horizontale est parcourue de gauche à droite, sinon le préciser par une flèche.

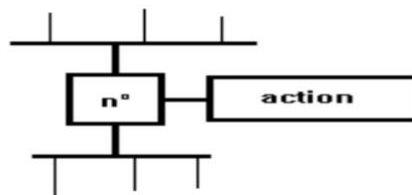


Une étape correspond à une phase durant laquelle on effectue une action pendant une certaine durée (même faible mais jamais nulle). L'action doit être stable, c'est à dire que l'on fait la même chose pendant toute la durée de l'étape, mais la notion d'action est assez large, en particulier composition de plusieurs actions, ou à l'opposé l'inaction (étape dite d'attente).

On représente chaque étape par un carré, l'action est représentée dans un rectangle à gauche, l'entrée se fait par le haut et la sortie par le bas. On numérote chaque étape par un entier positif, mais pas nécessairement croissant par pas de 1, il faut simplement que jamais deux étapes différentes n'aient le même numéro.



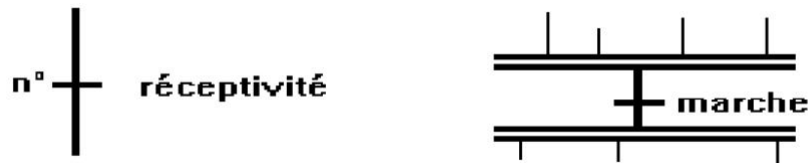
Si plusieurs liaisons arrivent sur une étape, pour plus de clarté on les fait arriver sur une barre horizontale, de même pour plusieurs liaisons partant de l'étape. Cette barre horizontale n'est pas une nouvelle entité du Grafset, elle fait partie de l'étape, et ne représente qu'un "agrandissement" de la face supérieure (ou inférieure) de l'étape. On accepte de remplacer cette barre par un point si cela ne crée aucune ambiguïté.



Une étape est dite active lorsqu'elle correspond à une phase "en fonctionnement", c'est à dire qu'elle effectue l'action qui lui est associée. On représente quelquefois une étape active à un instant donné en dessinant un point à l'intérieur.

Une transition est une condition de passage d'une étape à une autre. Elle n'est que logique (dans son sens Vrai ou Faux), sans notion de durée. La condition est définie par une réceptivité qui est généralement une expression booléenne (c.à.d. avec des ET et des OU) de l'état des capteurs.

On représente une transition par un petit trait horizontal sur une liaison verticale. On note à droite la réceptivité, on peut noter à gauche un numéro de transition (entier positif, indépendant des numéros d'étapes). Dans le cas de plusieurs liaisons arrivant sur une transition, on les fait converger sur une grande double barre horizontale, qui n'est qu'une représentation du dessus de la transition. De même pour plusieurs liaisons partant sous une transition.[6]



II.7 Conclusion

Techniquement, un automatisme est un sous-ensemble ou un organe de machine(s) destiné à remplacer de façon automatisée une action ou décision habituelle et prédéfinie sans intervention de l'être humain, à pour but de soulager l'homme de tâches dangereuses, répétitives ou fatigantes à accomplir. C'est aussi un moyen de produire plus vite, à toutes heures, des biens ou des services.

Dans ce chapitre nous avons présenté la description de l'automate programmable et système à automatisé, sa structure et fonctionnement, les langages de programmation et principes du GRAFCET qui vont nous aider à accomplir notre projet.

Chapitre III
Conception et
programmation de l'automate

III.1 Introduction

L'automatisation d'une station de relevage permet de remplacer l'homme dans les tâches opérationnelles, ce chapitre est consacré au travail d'automatisme et à la réalisation virtuel sur une plateforme du logiciel Automgen et qui aide à la réalisation matériel avec toujours des améliorations et évolutions dans un but d'optimisé le temps et le couten se basant sur les évolutions technologiques que le monde de l'électronique et d'automatisme le met à notre disposition.

III.2 Conception de la station de relevage

Le choix du système de relevage doit être fait en compte des contraintes techniques (type de pompe, énergie, hauteur de refoulement, débit, turbidité de l'eau), à partir de là, la station de relevage contenir :

- Deux pompes de type CAPRARI, sont des pompes immergées asynchrone triphasé ses données techniques (Q : 25.5 l/s H : 83 m).
- Chaque pompe refoule le débit d'eau usée dans un collecteur de refoulement général en PEHD (DN 250 mm), à son extrémité et d'une vanne DN250mm PN16 avec un clapet anti retour permettant d'isoler station de pompage de la station dépuracion.
- Le raccordement de chaque pompe au collecteur de refoulement général est assuré par des conduites DN 150mm en acier galvanisé, Chaque collecteur est équipé d'un clapet anti retour
- Trois capteurs de type flotteur cabler avec la partie de commande, chaque capteur poser à un niveau spécifique (Niveau1 = 0.46 m Niveau2 = 1.96 m Niveau3 = 3.26 m).
- Le trop plein est assuré par une conduite d'évacuation DN 250mm sur une longueur de 4 ml vers le canal d'oued El Ferra.

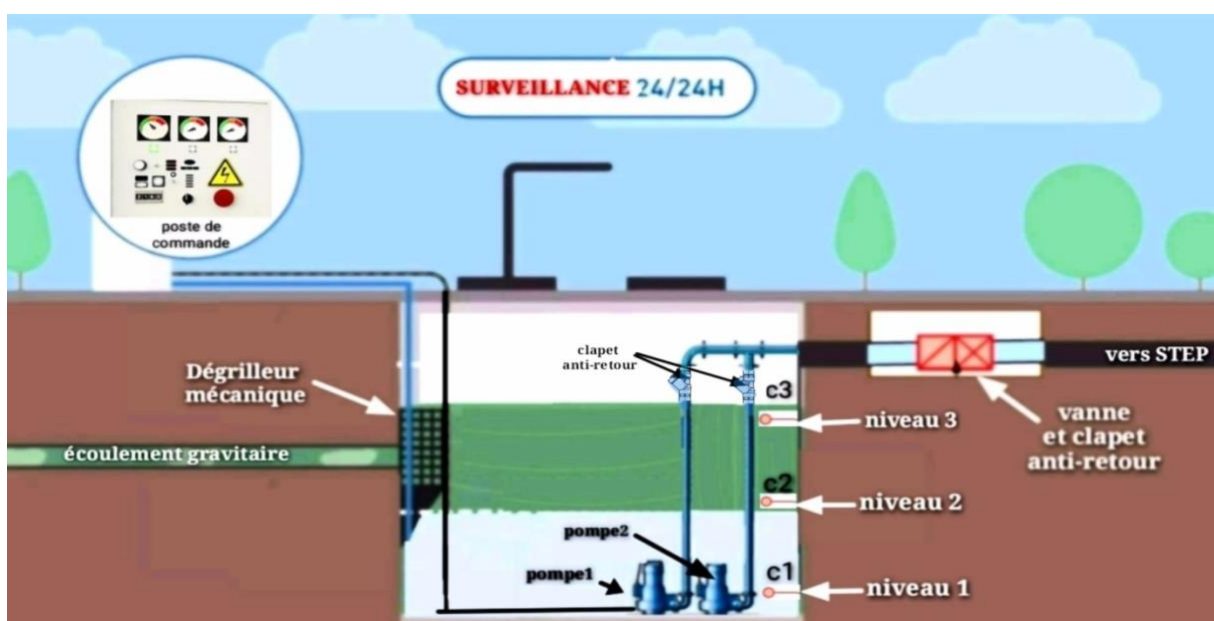


Figure III.1 : Schéma d'équipement de la station de relevage.

Le système automatique de pompage à étudier est situé dans une station de relevage (figure III.1) : les pompes de relevage sont chargées de remonter les eaux usées stockées dans un bôme jusqu'à une zone de dessablage chargée de retenir les sables qui ne sont pas dégradables.

On désire automatiser, sécuriser et rendre l'équipement plus performant. Alors on équipe le réservoir, de stockage des eaux usées, de deux pompes de relevage, d'un automate et de trois capteurs de niveau. Ces capteurs sont chargés de réguler le niveau d'eau dans la bôme : C1 (niveau bas), C2 (niveau moyen), C3 (niveau haut).

En effet la vue globale de notre système (figure III.2) représente le câblage électrique des deux pompes, trois capteurs, automate et la connexion hydraulique des tuyauteries avec les deux pompes, vanne et clapets anti-retour mais ces deux derniers ne sont pas couverts par l'automate (hors système).

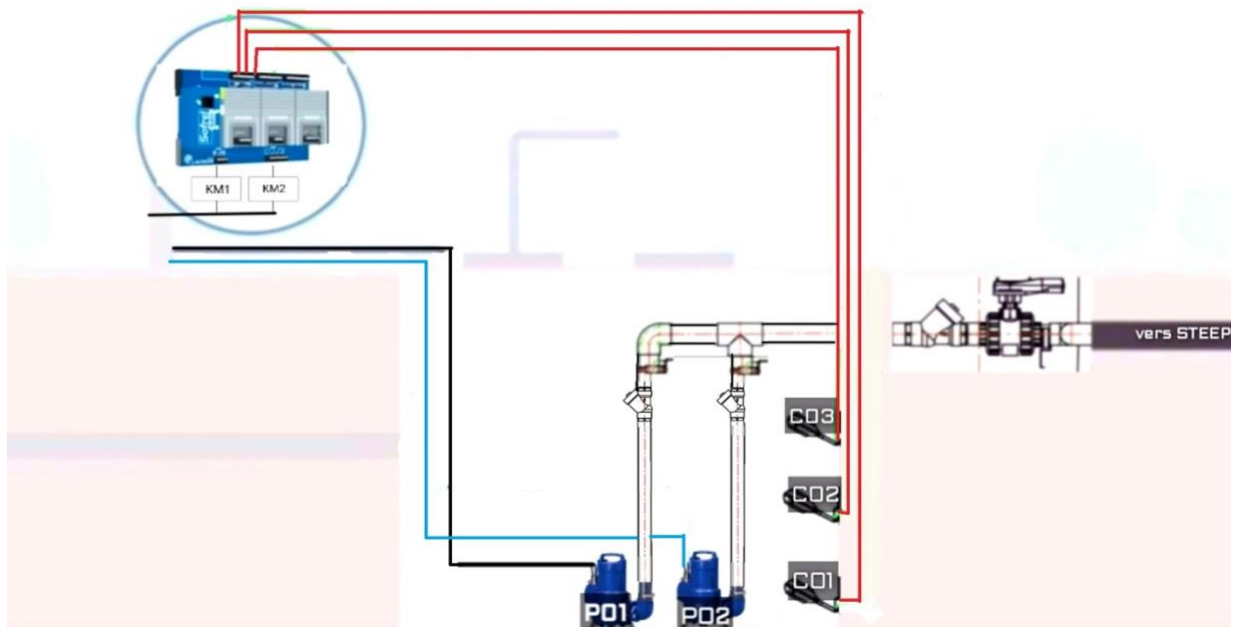


Figure III.2 : Schéma des connexions de la partie électrique et hydraulique du système

III.3 Circuit électrique de la station

Le système est composé principalement :

- Jeu de barres principale, 3 phases + neutre + protection calibre courant nominale total.
- Deux pompes immergées (400v, 3Ph, 50Hz, 30.62KW).
- Des sectionneurs portes fusibles (S0, S1 et S2).
- deux contacteurs de puissance KM1 et KM2.
- Appareil de mesure de la tension voltmètre avec commutateur de phase de 0-500 V.

- Appareil de mesure de l'intensité ampèremètre 0- 400 A.
- Compteur horaire de marche pour chaque moteur A1-A2.
- Contacteurs auxiliaires pour circuit de commande RC1 - RC2.
- Disjoncteur moteur magnéto-thermique pour protection contre les surcharges.
- Automate programmable de type Logo V8 de SIEMENS.
- Trois capteurs de niveau d'un type flotteur.
- Transformateur (400v-24v).

III.3.1 Câblage électrique de la partie puissance

- Le démarrage et l'arrêt des deux pompes sont contrôlés par des contacteurs de puissance KM1 et KM2
- Le circuit de puissance est protégé par un sectionneur porte fusible(S0), deux disjoncteur moteur magnéto-thermique (dis1 et dis2) pour protection contre les surcharges.

- Une mise à la terre de tous les équipements et masses métalliques afin de protéger le personnel opérant des défauts (mise à la terre des armoires électriques, coffret, moteur, conduites, vannes, porte métalliques, cornières métalliques..). Le courant nominale : 52,7 A.

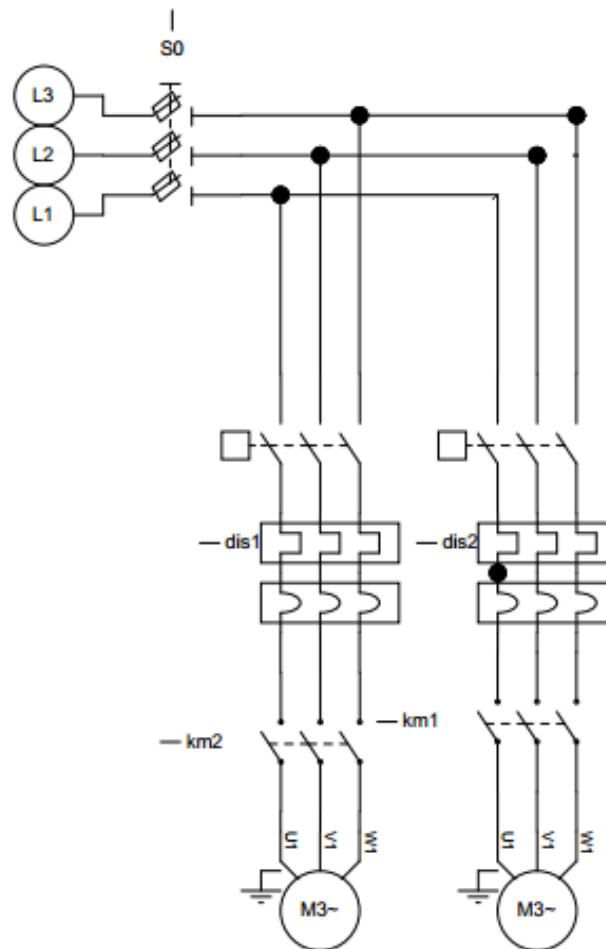


Figure III.3 : Schéma électrique de puissance (connexion des deux pompes avec le secteur triphasé et les relais km1 et km2).

III.3.2 Câblage électrique de la partie faible puissance

III.3.2.1 Capteurs

Les entrées de l'API sont connectées avec des capteurs de niveau c1, c2 et c3 (type flotteur), chaque capteur représente un certain niveau, lorsque l'eau atteint le niveau spécifié il soulève le flotteur, qui à son tour ferme le contact, permettant au courant électrique (24 v) de passer par l'entrée de l'API, qui le rend actif.

III.3.2.2 Pré-actionneurs (Relais électrique)

Les sorties de l'API sont connectées avec des pré-actionneurs (relais) **KM1** et **KM2**, qui contrôle le démarrage et l'arrêt des pompes, lorsque la sortie de l'API est active il fait envoi un courant électrique d'une faible intensité, l'électro-aimant actionne une sorte de petit interrupteur.

Le relais est un circuit qui sépare la partie haute puissance et la partie faible puissance. C'est un interrupteur à commande électrique, d'un but de commander le passage d'un courant fort, à partir d'une faible tension.

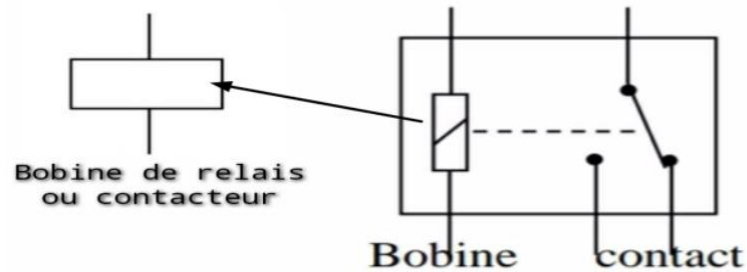


Figure III.4 : Schéma d'un relais électrique.

Le premier circuit se nomme "circuit de commande", le second "circuit de puissance".

En alimentant la bobine, le contact mobile est déplacé fermant ainsi le contact électrique (**figure III.5**). En l'absence de courant dans la bobine le ressort de rappel maintient le contact ouvert.

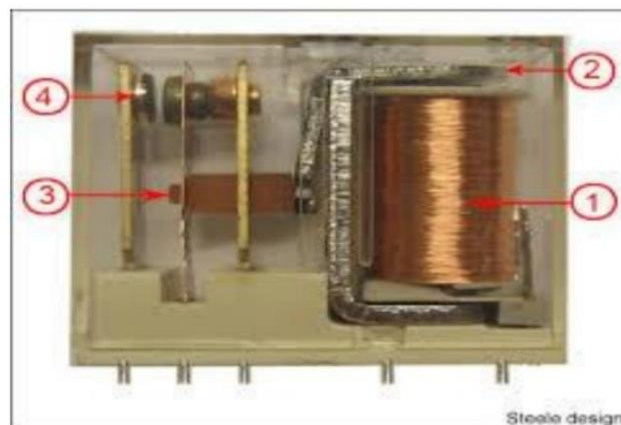


Figure III.5 : Relais électrique

- 1• d'un électroaimant (bobine+circuit ferromagnétique).
- 2• d'une palette mobile supportant l contact mobile.
- 3• d'un ressort de rappel du contact mobile.
- 4• d'un contact fixe.

III.3.2.3 Automate (API)

Il existe de nombreux types des automates programmables industriels (API), parmi lesquels nous avons choisi un l'automate, il contient 16 entrées et 16 sorties avec point commun.

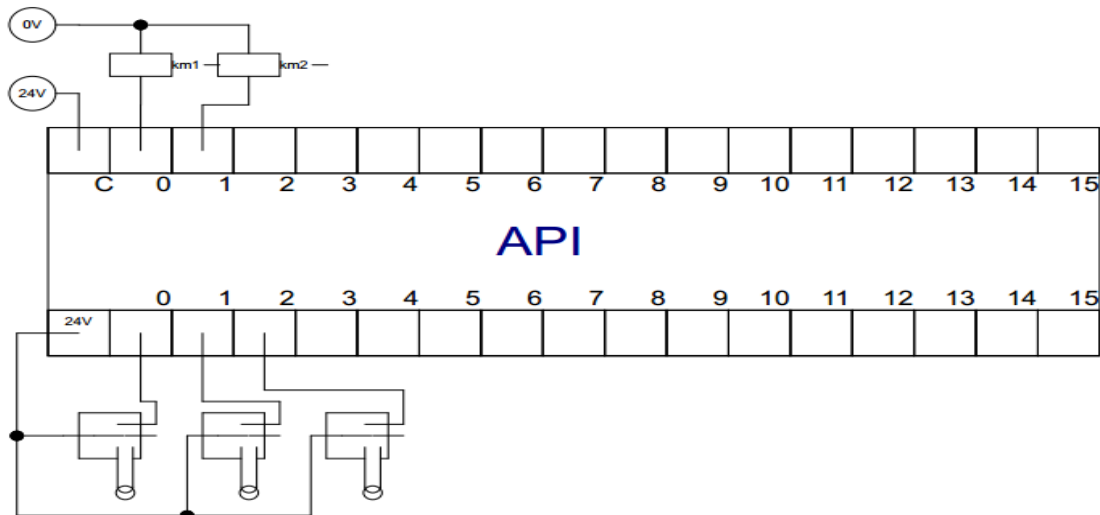


Figure III.6 : Schéma des connexions des entrées et sorties de l'API avec capteurs et relais

III.3.2.4 Affectation des entrées et sorties de l'automate

Après avoir connecté les capteurs et les actionneurs (entrées-sorties) avec l'automate chaque point de connexion a une adresse bien déterminé. En effet, l'étape de l'affectation des entrées-sorties et leurs adressages est primordial avant la programmation de l'automate. L'affectation est donnée par le tableau suivant :

	Commentaire	Adressage
Entrées	Capteur de niveau 1	% I.0
	Capteur de niveau 2	% I.1
	Capteur de niveau 3	% I.2
Sorties	Pompe 1	% Q.0
	Pompe 2	% Q.1

Tableau III.1 : Adressage des entrées et sorties

III.4 Programmation de l'automate

III.4.1 Cahier de charge

Le fonctionnement en mode automatique de la station de pompage est exécuté par l'automate.

De plus, il est prévu une permutation du fonctionnement des pompes pour éviter le non fonctionnement prolongé de l'une ou l'autre des machines. Alors si le niveau C1 est atteint par les eaux usées la pompe 1 démarre et elle s'arrête si le niveau du liquide est au dessous du C1, sinon le niveau du liquide continue d'augmenter en touchant le niveau C2 alors la pompe 1 s'arrête et la pompe 2 démarre à ce moment là le liquide soit :

1. Il continu d'augmenter alors les deux pompes démarre en même temps
2. Sinon le niveau du liquide est au dessous de C2 la pompe 2 s'arrête et la pompe 1 démarre et le cycle commence.

La programmation de l'automate de ce cahier des charges en langage GRAFCET est effectuée par la connexion avec un PC doté du logiciel **Automgen** selon la structure suivante :

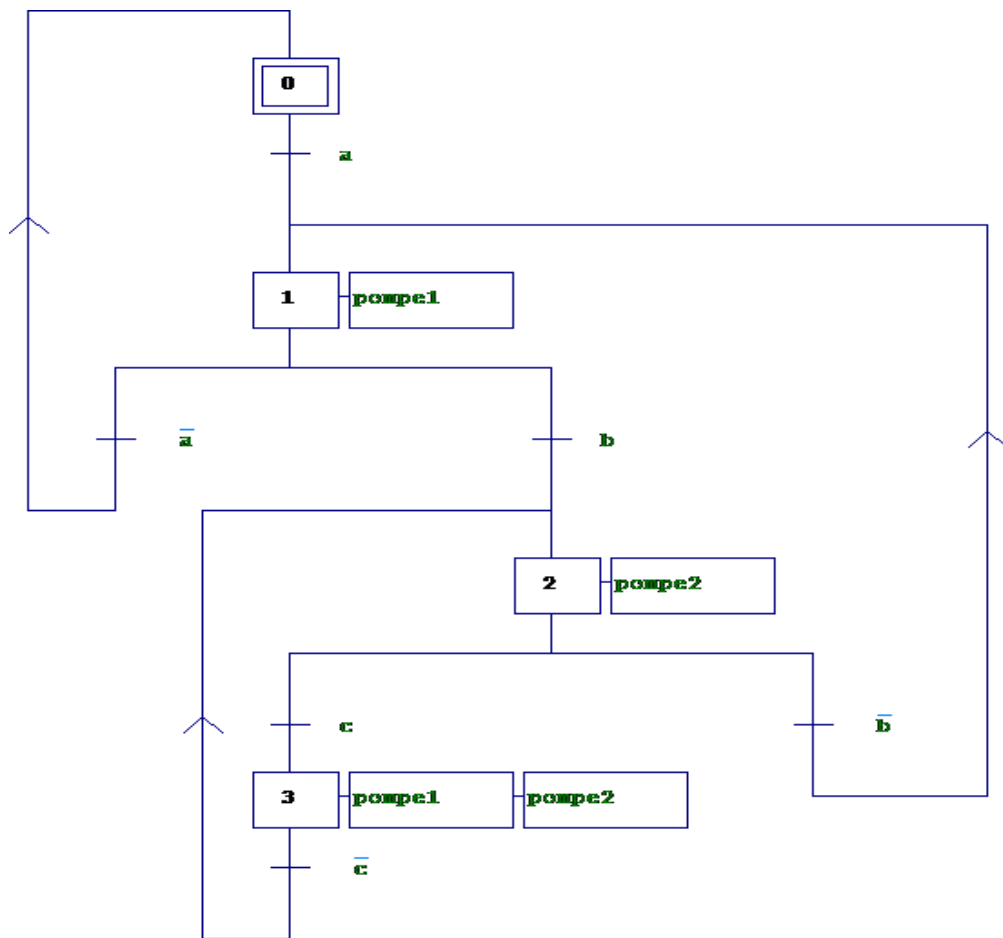
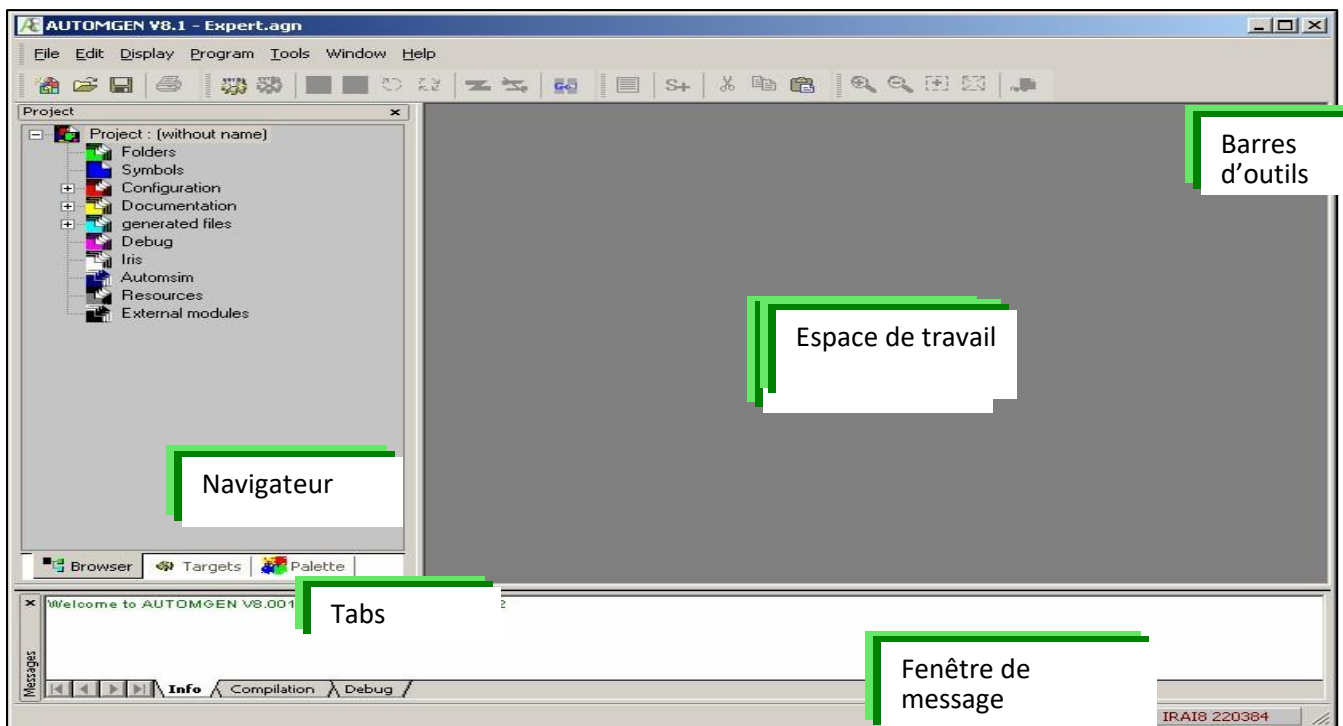


Figure III.8 : GRAFCET de l'automatisation de la station de relevage

III.4.2 Gènèrale vue du logiciel Automgen

Automgen est un programme important dans le domaine de l'automatisation, il comprend de nombreuses fonctionnalités cela nous aide avec la programmation, l'un des importants :

- Par la norme CEI 1131-3 Automgen prend en charge de nombreux langages de programmation : Grafcet/SFC, Ladder, Logical charts, functional blocks, organisation charts, ST literal. [7]
- Permet aux outils de dessin et de se connecter les composants de partie commande avec la partie opérative.
- Nous pouvons exécuter des simulations afin de découvrir les erreurs du programme et de les corriger.
- permettons le transfert du programme en automate programmable.
- Prenden en charge de nombreux types de automate programmable.



AUTOMGEN's main window in "Expert" mode

Figure III.9 : Fenêtre principal d'automgen.

Remarque : Le logiciel AUTOMGEN permet l'édition graphique proche des grafjets, puis l'affectation des entrées/sorties, la génération du programme pour l'automate concerné, la simulation du programme, le transfert et la supervision de son exécution. [8]

III.4.2.1 Simulation du processus d'automatisme de la station de relevage

Le logiciel **Automgen** permet de modéliser le processus de la station de relevage avec le langage grafcet, en suivant les étapes suivantes :

- 1- Cliquer à gauche sur **folders**
- 2- Cliquer à **Add a new folder**
- 3- Choisir un nom dans la fenêtre contextuelle

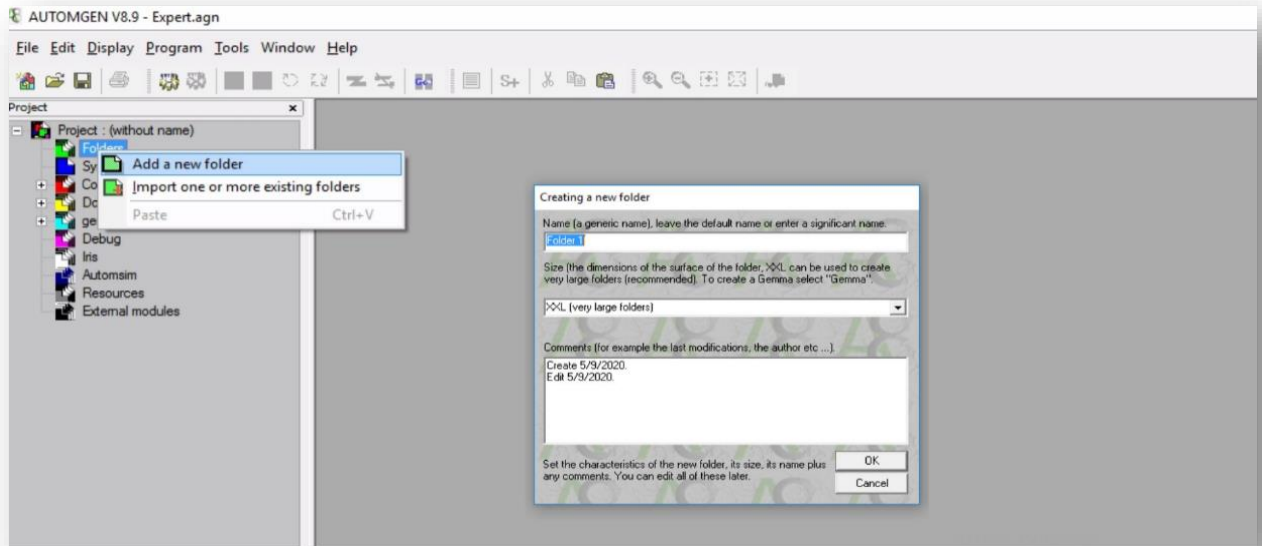


Figure III.10 : Étapes de création d'un dossier.

Le GRAFCET est dessiné dans cet espace vert

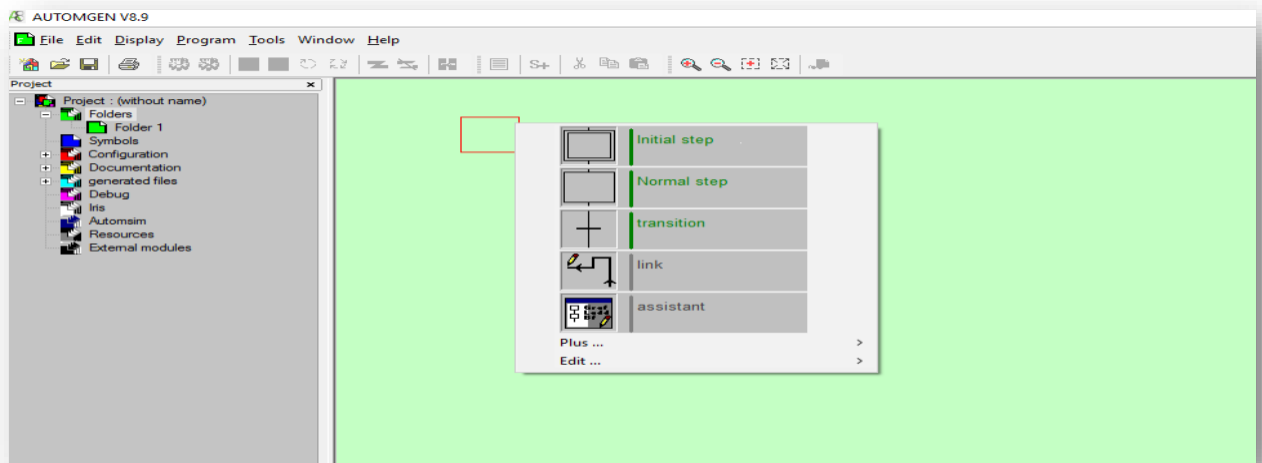


Figure III.11 : Fenêtre de dessin du grafcet.

III.4.2.2 Description du Grafcet réalisé dans logiciel Automgen

Le processus de la station de relevage est modélisé en séquences par l'outil **Grafcet**, afin de représenter toutes les étapes et les conditions de transition nécessaires à l'opération de relevage et ensuite de pouvoir programmer ces étapes dans le logiciel **Automgen**.

Résumons ainsi le cahier des charges de la station

Au-dessous du niveau bas d'aspiration NBA les pompes sont à l'arrêt.

- Au niveau N1, pompe1 démarre.
- Au niveau N2, pompes2 démarre et pompe1 s'arrête
- Au niveau N3, la pompe1 et pompe2 démarrent.

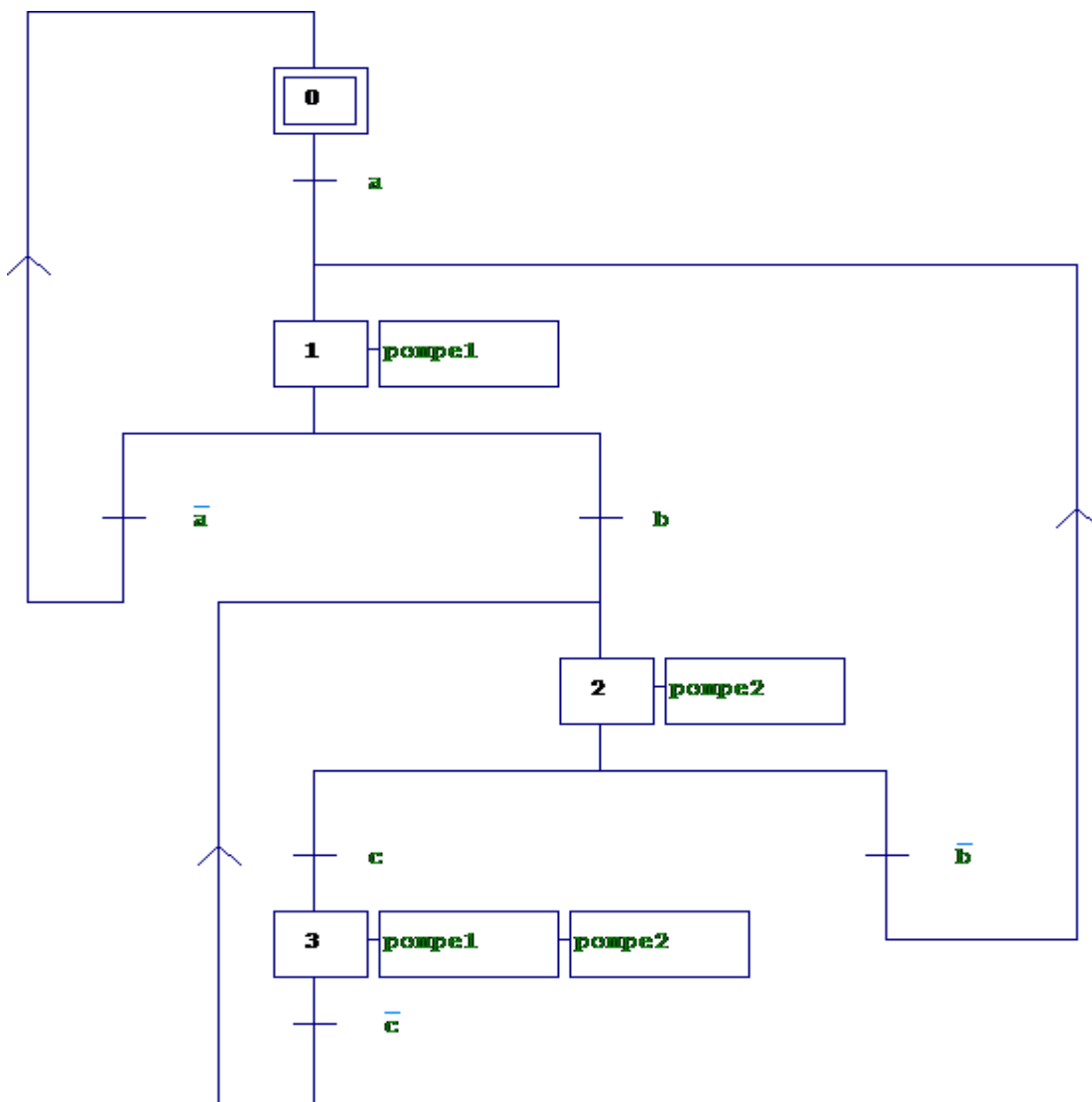


Figure III.12 : Séquences de la station de relevage

A l'étape 0 : le système est au repos, après avoir la condition de transition **a** remplie (le capteur1 envoie un signal) l'étape 1 est activée (pompe 1 marche).

A l'étape 1 : la condition de transition **a** est remplie le capteur1 envoie un signal et l'étape 1 est activée alors la pompe1 est en marche.

A l'étape 2 : il y a divergence en 'ou' en cas de fin de la condition **b** le système revient a l'étape 1, par lequel le processus est répété entre l'étape 1 et 2 ou passe a l'étape initial lorsque la condition \bar{a} est remplie.

A l'étape 3 : si la condition **c** est remplie après le passage du processus à l'étape 2 dans ce cas le capteur3 envoie un signal et l'étape 3 est activée alors la pompe 1 et 2 sont en marches. Pour que le système passe à l'étape initiale, il est nécessaire de passer par les étapes 2 et 1.

III.4.2.3 L'affectation des Entrées/Sorties de l'API sous Automgen

Après représenter toutes les étapes et les conditions de transition sur grafcet une fenêtre apparaît pour déclarer les conditions de transition (les entrées) et les actions (les sorties), et déterminer son emplacement.

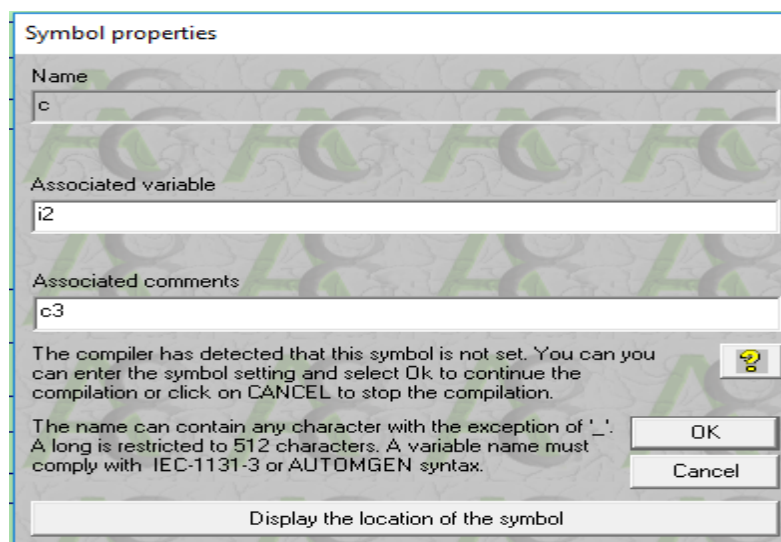


Figure III.13 : Fenêtre de propriétés des symboles

III.4.2.3.1 Affectation des entrées

Les entrées sont symbolisées par **i** (input), où chaque entrée est identifiée par un numéro :

i0 : La première entrée se connecte avec le capteur 1 (C01).

i1 : La deuxième entrée se connecte avec le capteur 2 (C02).

i2 : La troisième entrée se connecte avec le capteur 3 (C03).

III.4.2.3.2 Affectation des sorties

Les sorties sont symbolisées par **o** (output), où chaque sortie est identifiée par un numéro :

o0 : La première sortie se connecte avec pré actionneur (KM1) qui contrôle la pompe 1.

o1 : la deuxième sortie se connecte avec pré actionneur(KM2) qui contrôle la pompe 2.

Après la déclaration des entrées et des sorties dans le logiciel Automgen on enregistre la table des mnémoniques dont le tableau suivant :

Symbols	Variables	Comments
a	i0	1er contact activé lorsque l'eau atteint le niveau 1
b	i1	2ème contact activé lorsque l'eau atteint le niveau 2
c	i2	3eme contact activé lorsque l'eau atteint le niveau3
pompe 1	o0	La pompe à eau n°1 aspirer l'eau
pompe2	o1	La pompe à eau n°2 aspirer l'eau

Figure III.14 : Table des mnémoniques des variables des Entrées/Sorties

III.4.2.4 Connexion des entrées et sorties avec la partie commande (API)

Automgen fournit les outils et les éléments nécessaires dont nous avons besoin dans le projet dans, pour obtenir les composants nécessaire, nous suivons les etapes suivantes :

- 1- Cliquer à gauche sur **Autosim** dans la barre de navigateur
- 2- Cliquer à **Add an Autosim page**

La page suivante apparaît

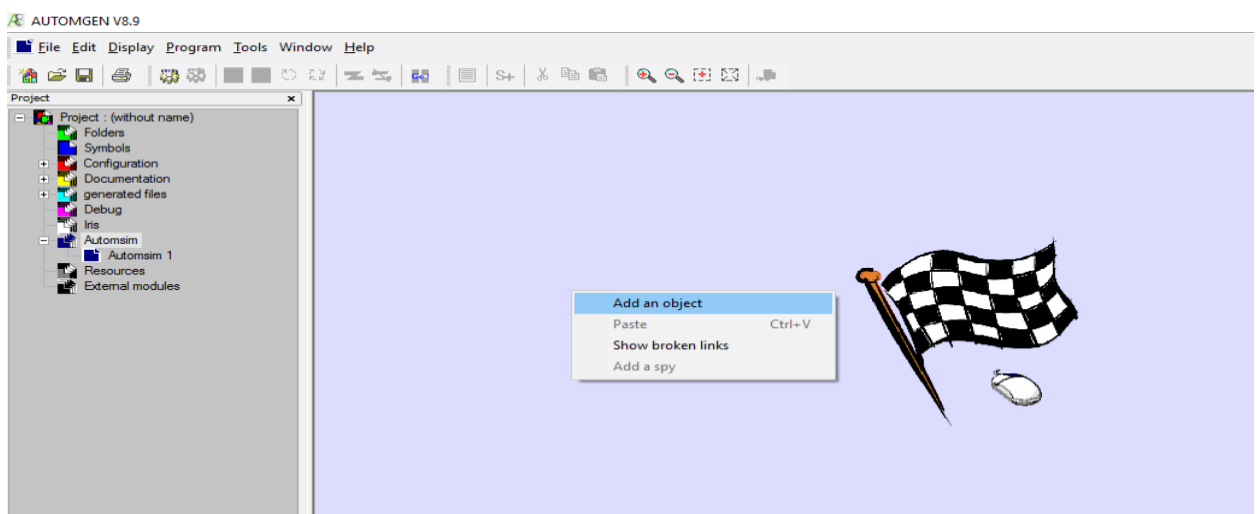


Figure III.15 : La page Autosim

- 3- Cliquer à sur la page Automsim
- 4- Ensuite cliquer sur **Add an object**

Dans la fenêtre qui apparaît, nous choisissons les éléments dont nous avons besoin :

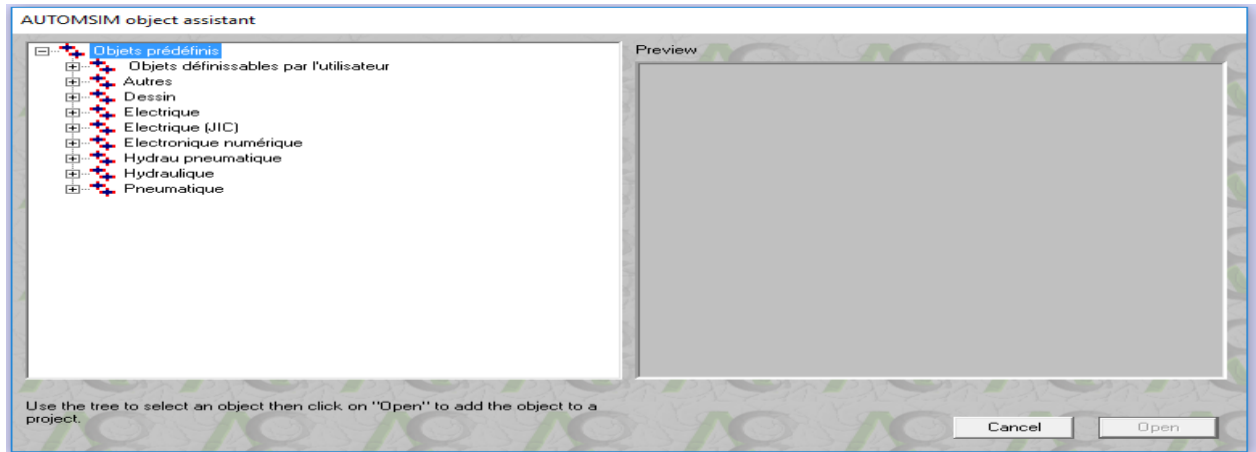


Figure III.16 : Assistant d'objets Automsim

III.4.2.5 Simulation du fonctionnement du système sous Automgen

Pour faire les simulations, appuyez sur  dans la barre d'outils, s'il y a une erreur dans le programme, elle apparaît dans la fenêtre de message.

En double-cliquant sur les messages d'erreur, vous pouvez trouver la source.

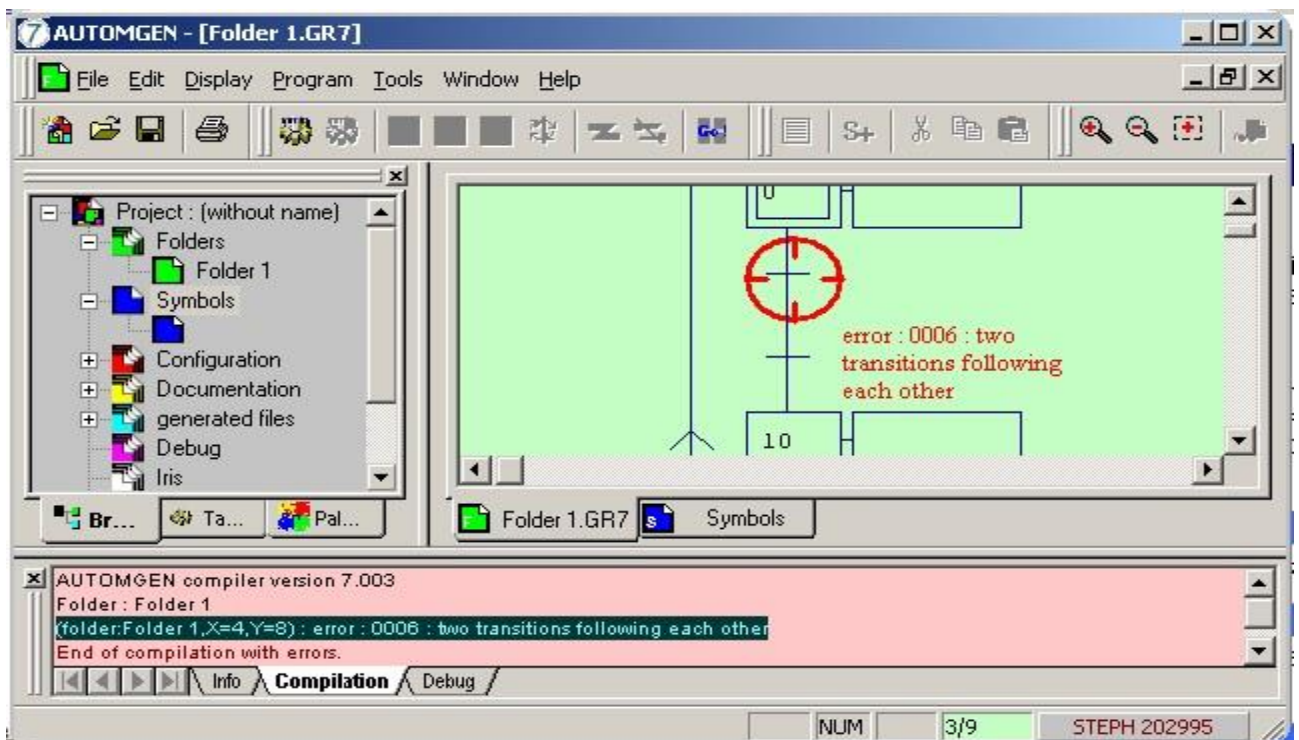


Figure III.17 : Un message d'erreur et sa source

Si les fenêtres de messages sont masquées et si une ou plusieurs erreurs sont détectées par le compilateur, une boîte de dialogue indique la première erreur détectée (pour afficher les fenêtres de messages : utilisez la commande «Messages» du menu «Fenêtres»).

Après le succès du programme de fonctionnement de la station et c'est exempt d'erreurs, une boule bleu apparaît sur l'étape initial du grafcet qui se déplace entre les étapes pour afficher les étapes actives du système et les entrées de l'API sont affichées en vert et les sorties en rouge.

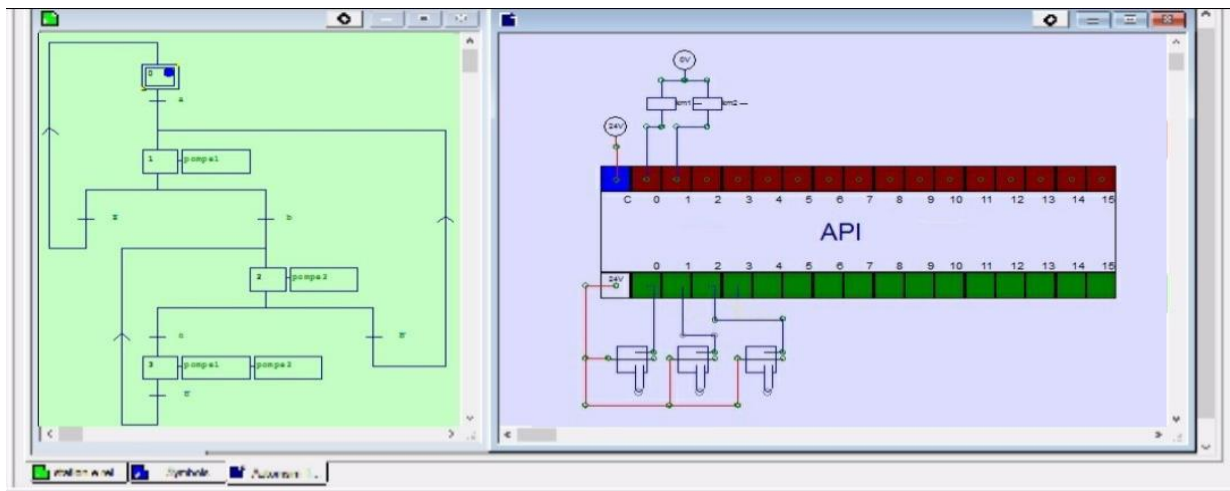


Figure III.18 : Schéma du simulation (système à l'étape 0 (repos))

Après avoir la condition de transition **a** remplie, la boule bleu passe à l'étape 1 qui montre son activité.

Dans le circuit de commande, l'entrée **i0** apparaît en vert clair et la sortie **o0** apparaît en rouge clair (Figure III.19) ce qui indique leur activité et la courant passe à travers la bobine de relais **km1** qui ferme le contacteur de puissance et démarre la **pompe 1**.

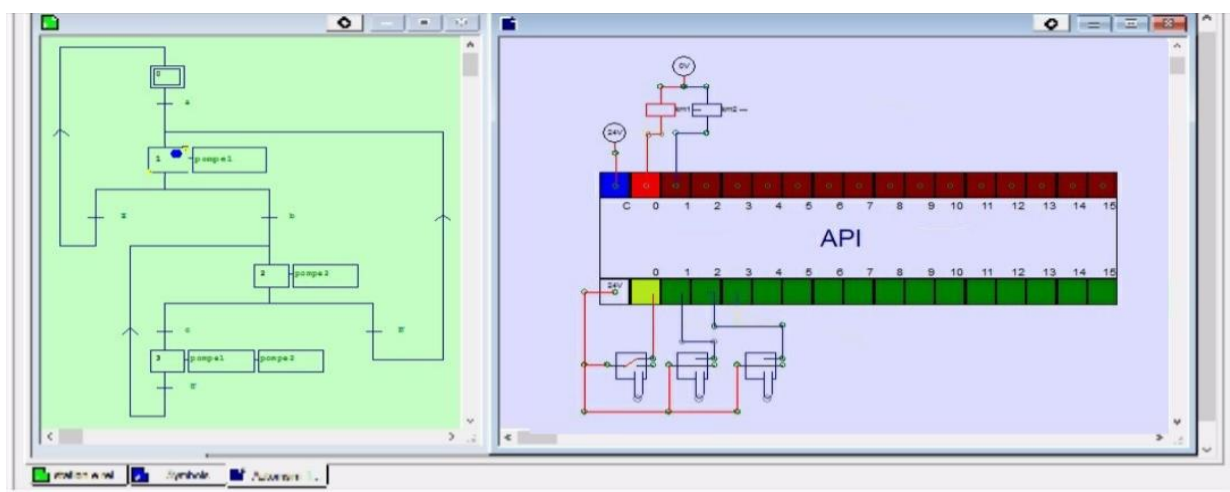


Figure III.19 : Schéma du simulation (système à l'étape 1)

Après avoir la condition de transition **b** remplie, la boule bleu passe à l'étape 2 qui montre son activité.

Dans le circuit de commande, les entrée **i0** et **i1** apparaît en vert clair et la sortie **o1** apparaît en rouge clair (Figure III.20) ce qui indique leur activité et la courant passe à travers la bobine de relais **km2** qui ferment la contacteur de puissance et démarre la pompe 2.

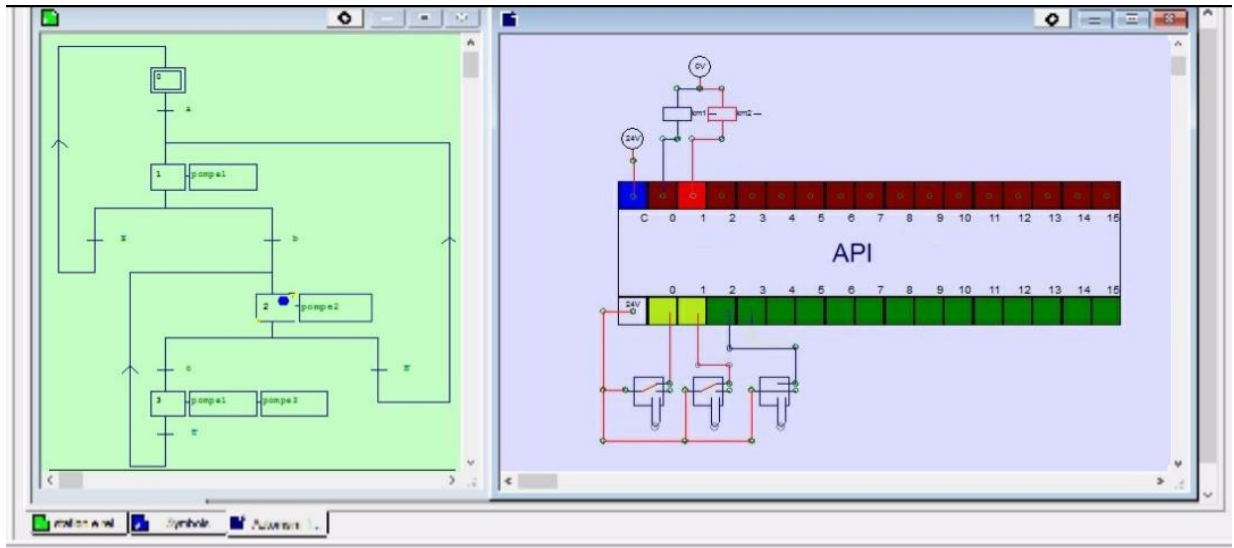


Figure III.20 : Schéma du simulation (système à l'étape 2)

Après avoir la condition de transition **c** remplie, la boule bleu passe à l'étape 3 qui montre son activité.

Dans le circuit de commande, l'entrée **i0**, **i1** et **i2** apparaît en vert clair et la sortie **o0** et **o1** apparaît en rouge clair (Figure III.20) ce qui indique leur activité et la courant passe à travers la bobine de relais **km1** et **km2** qui ferment la contacteur de puissance et démarre la pompe1 et pompe2.

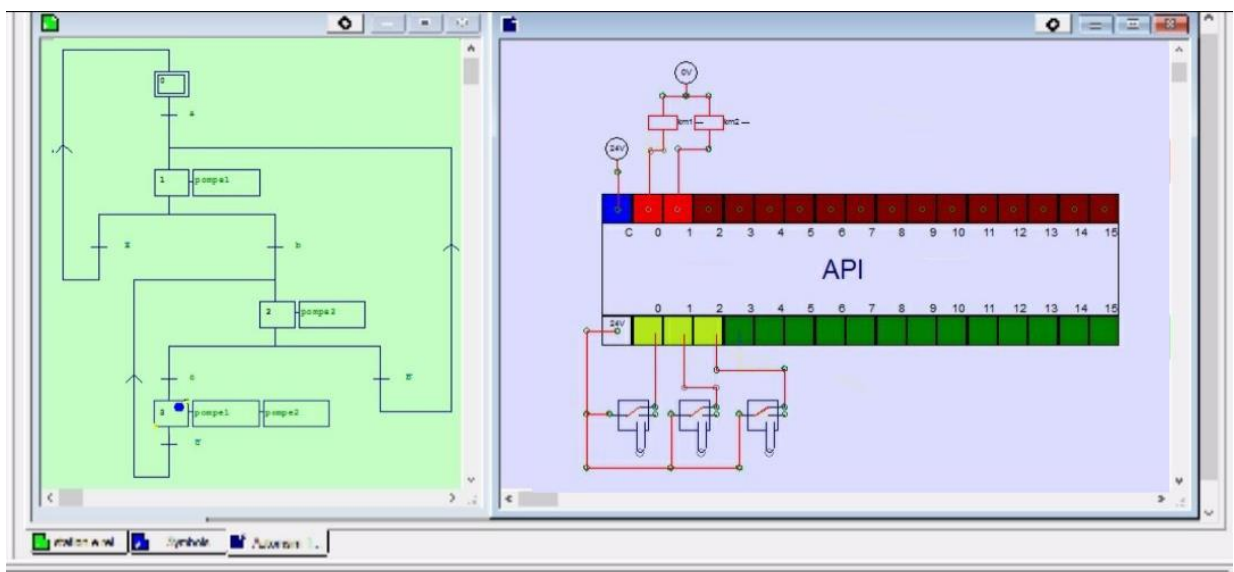


Figure III.21 : Schéma du simulation (système à l'étape 3)

III.4.2.6 Transfert du programme vers l'API

Le transfert du programme peut être fait soit :

- manuellement en entrant le programme à l'aide d'une console de programmation
- automatiquement en transférant le programme à l'aide du logiciel d'assistance, et en réalisant la liaison série entre l'ordinateur et l'automate. [8]

Enfin, le programme peut être passé de l'ordinateur à l'automate programmable, en cliquant sur **Configuration** Puis **Post-processors**, comme le logiciel Automgen prend en charge différents types des mini automates destinés aux petites et moyennes installations conviennent dans notre projet par exemple : l'automate ZELIO de SCHNEIDER, l'automate Logo V8 de SIEMENS, l'automate EM4 de CROUZET, etc..., et nous nous avons choisi l'automate Logo V8 Siemens.

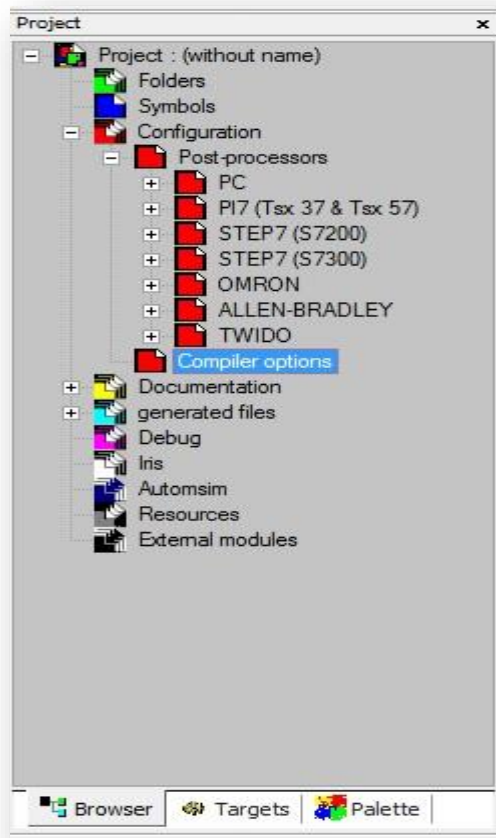


Figure III.22 : Transférer du programme vers l'API

III.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons accompli notre travail, en présentant la connexion des parties hydrauliques et électriques avec la partie commande du système. Ce système conçu est facile à être intégré dans la station de relevage pour la rendre automatique.

Nous avons développé un programme en langage GRAFCET pour ce système de commande afin de le mettre en œuvre. La simulation du programme est réalisée dans le logiciel Automgen pour mieux tester le programme et connaître tous les problèmes attachés à la réalisation.

L'utilisation des boîtes à outils intégrés dans Automgen donne une dynamique conviviale pour faciliter les tâches de programmation et ainsi de voir le bon fonctionnement de notre système automatisé.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'automatisation des systèmes industriels a une contribution favorable dans le développement en termes de sûreté, de robustesse, de gain de productivité et de qualité ce qui demande un accompagnement technologique dans l'évolution des automates programmable destiné a un milieu industriel.

En outre, l'automatisation ne se limite pas aux systèmes industriels uniquement, car nous sommes des hydrauliciens, nous en avons besoin dans de nombreux cas, dans le domaine ouvrages hydrauliques et autres, telle que les stations de pompage, les barrages et les stations de traitement.

Ce travail de fin d'étude s'inscrit dans le cadre de l'automatisation d'une station de relevage des eaux usées. Ce projet sera une fenêtre ouvert aux hydrauliciens vers l'automatisation ou d'autres disciplines.

Au cours de ce travail, une modélisation du fonctionnement de la station a été mise en œuvre par le langage GRAFCET et à l'aide du logiciel Automgen. Il expliqué le déroulement des étapes tel que : schématisation des séquences a programmées, élaboration des schémas de puissance et commande, le nombre des entrées et sorties utilisées, le choix du matériel utilisé et ces périphériques, la protection, la commande et la gestion des défauts.

En effet, le contrôle des systèmes a travers des automates programmable industriel est un moyen de réaliser sans danger des taches dans un environnement difficile tout en préservant les performances des systèmes à commandés.

L'automatisation de la station de relevage donne un aspect favorable sur le plan :

Environnemental : Le système hydraulique et électronique intégré protège la nature en évacuant les eaux uses sales nocives vers la station de d'épuration.

Economique : La régulation du fonctionnement des pompes contribue à réduire la consommation d'énergie et maintenez une plus longue durée de vie des pompes et préservant leurs performances.

Sécuritaire : Soulager les superviseurs de la station de relevage des tâches opérationnelles et préservant leur santé par en les éviter les contacts direct avec la saleté et les odeurs nauséabondes dégagés des eaux uses.

Conclusion générale

Enfin, nous espérons que notre travail sera une meilleure solution à la problématique posée et servira comme base de départ pour notre vie professionnelle et être bénéfique aux promotions futures. L'application des automates programmables comme outil de base de commande dans n'importe quel domaine va aider à l'évolution des systèmes automatisés dans le domaine hydraulique vu la flexibilité, l'intégration facile et la multitude d'outils proposés tels que: le diagnostic, la surveillance, la reconnaissance des défauts et de la défaillance qui seront des perspectives de ce projet.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] Dimensionnement d'une station de relevage et conduite de refoulement vers la station de Bouzedjar. Thèse master. Centre Universitaire Belhadj Bouchaib - Ain Témouchent, (www.pmb-int.cuniv-aintemouchent.dz) consulter Mai 2016.
- [2] Alain GONZAGA., LES AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS (7/11/2004)
- [3] Ir. H. LECOCQ., 2005. LES AUTOMATES PROGRAMMABLES -Caractéristiques et méthodologie de programmation- Tome1.
- [4] Etude de l'automatisation et de la supervision d'un procédé de lavage de filtres Niagra à CEVITAL -TIA PORTAL V12- Thèse master. Université Abderrahmane MIRA de Bejaia (www.univ-bejaia.dz) consulter 2017.
- [5] Dr. Mahdi, D. Cours : Télégestion du système d'AEP (Hydrauliques Urbaine).
- [6] Automatisation d'une station de lavage : étude, programmation et simulation par Step 7. Thèse master. Université Dr. Tahar Moulay de Saida, (www.univ-saida.dz) consulter 2016.
- [7] AUTOMGEN⁸ Technical Characteristics, (www.irai.com).
- [8] Hu Jean-Louis., Les Automates Programmables (18/12/2002).