

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire

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

جامعة سعد دحلب البليدة
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie

قسم الإلكترونيك
Département d'Électronique



Mémoire de Projet de Fin d'Études

présenté par

LEULMI MOHAMED ANIS

Pour l'obtention du diplôme de Master en Électronique option signaux en ingénierie des systèmes et informatique industrielle

Thème

Réalisation d'une solution de commande d'une station de pompage hydraulique

Proposé par : Bennila Nouredine

Année Universitaire 2014-2015

Remerciements

En premier lieu, je tiens à remercier Dieu Tout Puissant et Miséricordieux pour m'avoir permis d'achever ce travail.

En second lieu, je tiens à remercier ma mère, mon père et mes frères pour l'aide et le soutien qu'ils m'ont toujours apporté jusqu'à ce jour.

Aussi je tiens à remercier mon encadreur Monsieur Bennila Nouredine pour ses précieux conseils et son aide durant toute la période du travail.

Mes vifs remerciements s'étendent également et avec un très grand respect à Schneider Electric de Ouled Fayet pour toute l'aide et l'assistance qu'elle m'a apporté pendant toute la période de mon stage pratique.

Je remercie très particulièrement mon professeur et manager à Schneider Electric Mr Younsi Abdelghani pour son encadrement technique exemplaire et surtout sa persévérance avec ma modeste personne.

Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils porteront à ce modeste travail en acceptant de l'examiner et de l'enrichir éventuellement par leurs propositions.

Enfin, je tiens également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

ملخص: هذه الأطروحة التي تهدف إلى أن تكون أكثر فعالية تحاول التشغيل الأوتوماتيكي لمحطة ضخ مياه الشرب في مدينة الجزائر العاصمة. يرافقنا في تحقيق هذه الأطروحة الرائد عالميا شنايدر إلكترونيك الجزائر. وقد لاحظنا و لأمسنا في الواقع الوظيفة الفعلية والمطلوبة من قبل كبرى الشركات المصنعة للمعدات. ويتمحور هذا العمل بخمسة فصول تركز على تحليل مختلف النظم الضخ المستخدمة اليوم، تشغيل محطة الضخ والمعدات والبروتوكولات المستخدمة لتطوير حلول الأتمتية، والخطوات خلال البرمجة، وأخيرا شروط السلامة داخل المحطة.

كلمات المفاتيح: الأوتوماتيكي. محطة ضخ. البرمجة.

Résumé: Ce présent mémoire qui se veut plus opérationnel essaiera d'appréhender l'automatisation d'une station de pompage d'eau potable située à la ville d'Alger. Accompagné par le leader mondial Schneider Electric Algérie, j'ai pu observer réellement les fonctionnalités réelles et exigées par les grands constructeurs de ces équipements. Ce travail qui s'articule autour de cinq chapitres fait ressortir l'analyse des différents systèmes de pompes utilisés aujourd'hui, le fonctionnement de la station de pompage, l'équipement et les protocoles utilisés pour élaborer la solution d'automatisation, les étapes utilisées lors de la programmation, et enfin les conditions de sécurité à l'intérieur de la station.

Mots clés : Automatisation ; Station de pompage ; Programmation.

Abstract : That this memory that is more operational attempt to apprehend the automation of a drinking water pumping station in the city of Algiers. Accompanied by the world leader Schneider Electric Algeria, I could actually observe the actual functionality and required by major manufacturers of equipment. This work is structured around five chapters emphasizes the analysis of the various pumping systems used today, the operation of the pumping station, the equipment and protocols used to develop the automation solution, the steps used during programming, and finally the safety conditions within the station.

Keywords : Automation; Pumping station; Programming.

Listes des acronymes et abréviations

ANA : Abréviation de 'Analogique'

API : Automate Programmable Industriel

PLC : Programmer langage Controller

AF : Analyse fonctionnelle

EA : Entrée Analogique

TOR : Tout ou Rien (information binaire issue...)

EV : Electrovanne

IHM : Interface Homme Machine

ST : Station de Traitement

SP : Station de Pompage.

ACA : Amont Coté Aspiration

ACR : Aval Coté refoulement

V : Volt

A : Ampère

m : mètre

mm : millimètre

ms : milliseconde

K : Kilo (unité de mesure, qui sert à quantifier)

BT : Basse Tension (la BT comprend une plage de valeur en tension qui est comprise entre 0 et 1000 Volts)

MT : Moyenne Tension (la MT comprend une plage de valeur en tension qui est comprise entre 1 KV et 33 kVolts)

SN : Source Normale (arrivé de l'énergie électrique du réseau Sonelgaz)

HMI: Human Machine Interface

IL: Instruction List

ST: Structured Text

LD : Ladder Diagram

HMT : Hauteur Manométrique Totale

Table des matières

Introduction Générale.....	01
Chapitre 1 : Principaux systèmes de pompage utilisés aujourd’hui.....	03
1.1 Introduction.....	03
1.2 Typologie des pompes les plus utilisées dans une station de pompage.....	03
1.2.1 La pompe volumétrique.....	05
1.2.2 La pompe Centrifuge.....	06
1.3 Les différents types de moteurs des stations de pompage.....	07
1.3.1 Généralités et principes de fonctionnement des moteurs asynchrones.....	08
a. Présentation du stator.....	11
b. Présentation du rotor.....	12
c. Glissement, couple et vitesse de rotation.....	12
c.1 Glissement.....	12
c.2 Couple.....	12
d. Pilotage de la vitesse de rotation.....	13
e. Pilotage en modifiant le nombre de pôles.....	13
1.4 Principaux équipements de la station de pompage.....	14
Coté Aspiration.....	15
1) le joint de démontage.....	15
2) la vanne d’aspiration.....	15
3) le convergent d’aspiration.....	16
Coté refoulement.....	16
1) le joint de raccordement.....	16
2) le clapet anti retour.....	17
3) La vanne de refoulement.....	17
1.5 Conclusion.....	18
Chapitre 2 : Analyse Fonctionnelle d’un exemple de stations de pompage.....	19
2.1 Introduction.....	19
2.2 Description générale.....	19
2.1 Equipements électriques de Moyenne Tension.....	20

a.	Le câble de Moyenne Tension.....	20
2.2.2	La Cellule de protection auxiliaire du transformateur.....	21
2.2.3	Autres types d'équipements.....	22
2.2.4	Le tableau électrique.....	22
2.3	Descriptif fonctionnel.....	23
2.3.1	L'API (Automate Programmable Industriel).....	23
2.3.2	Gestion des tâches du système.....	25
2.4	Analyse du Diagramme des fonctions.....	26
2.4.1	Analyse par fonction.....	26
2.4.2	Gestion des anomalies.....	27
a.	Défauts, Alarmes et définitions.....	27
b.	Défaut électrique.....	28
2.5	Conclusion.....	29
Chapitre3 : Analyse de l'instrumentation, des protocoles et équipements utilisés dans l'automatisation de la station de Pompage.....		30
3.1	Introduction	30.
3.2	Présentation de L'Automate Modicon.....	30
3.3	Illustration M340.....	31
3.4	Présentation générale des composants d'une station automate.....	32
3.4.1	Présentation générale des processeurs.....	32
3.4.2	Présentation générale des racks.....	32
3.4.3	Présentation générale des modules d'alimentation.....	33
3.4.4	Présentation générale du module d'extension.....	34
3.4.5	Présentation générale de la communication Ethernet.....	34
a.	Développement de l'application.....	35
a.1	Création du projet.....	35
a.2	Sélection du module analogique.....	36
a.3	Déclaration des variables.....	37
a.4	Création et utilisation des DFB.....	37
a.5	Création d'un programme en langage LD pour l'exécution de l'application.....	38
a.6	Création d'un programme en langage LD pour la simulation de l'application.....	40

b.	Développement de l'application sous vigo designer.....	41
3.5	Conclusion.....	43
Chapitre 4 : Programmation.....		44
4.1	Introduction.....	44
4.2	Application.....	46
4.2.1	Application à l'aide de unity pro xl.....	46
a.1	Affectation des entres sorties.....	48
a.2	Avant-projet.....	50
a.3	Préparation.....	52
a.4	Mots de commande.....	55
4.2.2	Application à l'aide de vigo designer.....	56
4.3	Conclusion.....	56
Chapitre 5 : Analyse des conditions de travail dans la station de pompage.....		57
5.1	Introduction	57
5.2	Conditions dangereuses dans une station de pompage.....	58
5.2.1	Actions dangereuses.....	58
5.3	Etude et enquête d'un accident.....	60
5.3.1	Etude d'un accident.....	60
a.	Conditions de travail particulièrement dangereuses.....	62
b.	Danger présenté par le courant électrique.....	62
c.	Mesures préventives de la sécurité de travail.....	63
5.4	Conclusion.....	63
Conclusion Générale.....		64
Bibliographie.....		66

Liste des figures

Figure 1. Vue générale d'une pompe volumétrique

Figure 2. Vue générale d'une pompe centrifuge

Figure 3. Vue générale d'un moteur asynchrone

Figure 4. Corps de pompe seul et Corps de pompe et son moteur électrique

Figure 5. Principaux composants (vue en coupe d'un moteur asynchrone triphasé).

Figure 6. Vue générale d'une coupe d'un moteur asynchrone

Figure 7. Le champ tournant, à un instant donné

Figure 8. Vue générale du Stator

Figure 9. Vue générale du Rotor

Figure 10. Vue générale synoptique d'une Station de pompage

Figure 11. Vue générale du joint de démontage

Figure 12. Vue générale de la vanne d'aspiration

Figure 13. Vue générale du convergent d'aspiration

Figure 14. Types de joints utilisés en général dans la pratique

Figure 15. Vue d'une coupe d'un clapet anti retour

Figure 16. Type de vanne de refoulements utilisés

Figure 17. Vue Générale de la station de pompage

Figure 18. Principales Fonctions retenues

Figure 19. Synoptique de l'installation de la station de pompage.

Figure 20. Vue Générale de l'automate Modicon M340

Figure 21. Vue Générale de l'automate Modicon M340

Figure 22. Vue Générale du rack BMX XPB 0400

Figure 23. Vue Générale du module d'alimentation BMXCPS

Figure 24. Vue Générale du module d'extension de rack BMX XBE 1000 :

Figure 25. Vue Générale du réseau Ethernet

Figure 26. Exemple d'application du projet

Figure 27. Exemple d'application du projet

Figure 28 Exemple 1 d'application de la tâche MAST

Figure 29 Exemple 2 d'application de la tâche MAST

Figure 30 Etape du le choix de la cible

Figure 31 bibliothec des objets

Figure 32 affectations des objets dans la cible

Figure 33 déclarations des variables et affectation des adresses

Figure 34 configuration des modules de l'automate (entrée /sortie),

Figure 35 configuration de l'automate (entrée /sortie)

Figure 36 arrêts d'urgence depuis la salle de machine

Figure 37 reset des defaults

Figure 38 affectations des niveaux

Figure 39 niveaux de la bête et défaut d'incohérence

Figure 40 la non autorisation de démarrage

Figure 41 Autorisation transitoire

Figure 42 les défauts de la pompe 1

Figure 43 blocs de calcul de temps de marche de la pompe 1

Figure 44 le bloc de commande de la pompe

Liste des tableaux

Tableau 1. Types de pompes et leurs caractéristiques techniques au chapitre 01

Tableau2. Caractéristiques du câble MT

Tableau3. Spécificités de la cellule SM6

Introduction Générale

La découverte de l'énergie hydraulique a été l'une des plus grandes conquêtes de l'humanité. Dans un monde où les ressources énergétiques vont se raréfiant, cette énergie inépuisable constitue toujours un enjeu d'avenir. La conception des stations de pompage et surtout leurs modes de fonctionnement à beaucoup évolué à travers le monde grâce au progrès technologique sans cesse croissants.

La pompe à eau, dispositif permettant d'aspirer et de refouler un liquide, est l'une des plus anciennes inventions de l'humanité. Les principes physiques et hydrauliques à la base de son fonctionnement étaient en effet connus dès l'Antiquité. Il fallut néanmoins attendre la fin du XVIIIème siècle pour que cette invention soit utilisée de façon industrielle. Les Grecs et les Romains ont été les premiers à poser les bases de l'hydraulique (la branche de la physique qui s'intéresse aux liquides). Ils sont à l'origine des premiers systèmes rotatifs destinés à transporter l'eau.

Ces systèmes étaient utilisés pour relever l'eau dans les aqueducs qui alimentaient les villes et les bains. Dès cette époque, ils avaient découvert les principes de la pompe à piston, de la pompe centrifuge et de la pompe à vide mais ne les appliquaient pas pour construire des modèles de pompe à eau. Jusqu'à la fin du XVIIIème siècle, les pompes étaient exclusivement utilisées pour le transfert de l'eau.

C'est à partir de la fin du XVIIIème siècle que les premières pompes ont été construites et utilisées de façon industrielle pluridisciplinaire. La machine à vapeur inventée par Denis Papin et améliorée par l'écossais James Watt permet alors la mécanisation de l'industrie. La première utilisation industrielle de la pompe à eau est vraisemblablement liée à l'industrie minière : les pompes servaient à évacuer l'eau qui noyait les galeries souterraines. On utilisait alors des pompes à piston actionnées par la vapeur, selon le principe de la machine de Watt. L'énergie électrique a ensuite permis le développement des pompes à principe rotatif, turbine et centrifuge.

Dans ce présent mémoire de fin d'études, l'objectif recherché avant tout est de réaliser une solution de commande d'une station de pompage d'eau potable dans un milieu urbain. Ce mémoire que nous présentons aujourd'hui s'articule autour de cinq principaux chapitres :

Chapitre I

Ce chapitre donne un aperçu sur les différents types des systèmes de pompage, Les accessoires et les types de moteurs utilisés universellement dans les stations de pompage d'alimentation en eau potable.

Chapitre II

Le deuxième chapitre a été consacré à l'analyse fonctionnelle qui décrit les éléments essentiels et les étapes essentielles pour l'alimentation de notre station et la procédure de fonctionnement

Chapitre III

Dans ce chapitre, nous avons analysé le fonctionnement des équipements et les protocoles de contrôle utilisés.

Chapitre IV

Dans cette partie essentielle du mémoire, on fait ressortir les étapes indispensables à la programmation de l'automatisation de la station de pompage.

Chapitre V

Dans ce chapitre, nous avons analysé les conditions de sécurité de travail et les risques d'accidents de travail dans la station de pompage.

Chapitre 1 : Principaux systèmes de pompage utilisés aujourd'hui

1.1 Introduction

Dans le domaine du pompage de l'eau en général (alimentation en eau potable, irrigation, traitement et évacuation des eaux usées), les pompes les plus fréquemment utilisées sont les pompes centrifuges. Pour cette raison, nous y consacrerons l'essentiel de ce chapitre à ce type de pompes.

Les stations de pompages en Algérie sont en perpétuel développement en raison de l'enjeu de la ressource en eau dans le développement de l'Algérie et de la demande sans cesse croissante de cette dernière par la population.

Toutefois, cette précieuse ressource nécessite d'être transportée à partir de pressions parfois très importantes sur une grande distance ou sur une assez grande hauteur de refoulement pour franchir des obstacles naturels ou artificiels particuliers (relief, bâtis ...).

En fait, le pompage des eaux demande à être fortement impulsé et développé dans notre pays afin d'atteindre un rythme d'équipement et de fonctionnalité beaucoup plus important et compatible avec les objectifs de l'Etat Algérien dans le développement de la technicité à court et moyen termes directement liés à la satisfaction du service public et des unités de production .

1.2 Typologie des pompes les plus utilisées dans une station de pompage

A travers le monde et dans le domaine du pompage de l'eau (alimentation en eau potable, traitement et évacuation des eaux usées), plusieurs typologies de pompes existent et sont recommandés en fonction des caractéristiques techniques recommandés pour la future station de pompage et en fonction des données du site de localisation de la station de pompage.

Type de pompe	Utilisation	Caractéristiques techniques
Pompe à motricité humaine	Equipement de forages et puits	Re foulant avec partie hydraulique immergée A piston A vis
Pompe immergée électrique	Equipement de forage et puits pour des débits > 2 mn/h, essais de Pompage	Re foulant centrifuge multi-étagée
Pompe d'épuisement	Epuisement de fouilles (mise en eau de puits) pompage sur eau de surface	Re foulant ou aspirante-refoulant centrifuge pneumatique à membrane
Pompe de surface électrique ou motopompe	Pompage sur eau de Surface pompage de réservoir vers un réseau ou un autre réservoir	Re foulant ou aspirante Centrifuge

Tableau 1. Types de pompes et leurs caractéristiques techniques

Quel que soit le type de pompe, celle-ci est constituée en général de 03 principales parties distinctes:

- ❖ **la partie motrice** qui fournit la puissance nécessaire au pompage,
- ❖ **l'accouplement** qui transmet cette puissance à la partie hydraulique,
- ❖ **la partie hydraulique** qui transmet cette puissance à l'eau pour la déplacer (l'aspirer et/ou la refouler). Les pompes à eau sont habituellement classées selon leur principe de fonctionnement, soit de type volumétrique ou centrifuge.

Outre ces deux classifications que nous verrons plus loin, on distingue également deux autres types de pompes en fonction de l'emplacement physique de la pompe par rapport à l'eau pompée : la pompe à aspiration et la pompe à refoulement.

La hauteur d'aspiration de n'importe quelle pompe est limitée à une valeur théorique de 9,8mètres (pression atmosphérique en mètres d'eau) et dans la pratique à 6 ou 7 mètres.

Ces pompes doivent également être amorcées, c'est-à-dire que la section en amont de la pompe doit être remplie d'eau pour amorcer l'aspiration d'eau.

Les pompes à refoulement sont immergées dans l'eau et se présente selon deux cas particuliers :

- ❖ Le moteur est immergé avec la pompe (pompe monobloc),
- ❖ le moteur en surface ; la transmission de puissance se fait alors par un long arbre reliant la pompe au moteur.

Dans les deux cas, une conduite de refoulement après la pompe permet des élévations de plusieurs dizaines de mètres, selon la puissance du moteur. On l'appelle la hauteur manométrique de l'eau (HMT).

1.2.1 La pompe volumétrique

La pompe volumétrique transmet l'énergie cinétique du moteur en mouvement de va et vient permettant au fluide de vaincre la gravité par variations successives d'un volume raccordé alternativement à l'orifice d'aspiration et à l'orifice de refoulement.

Les pompes volumétriques incluent les pompes à vis, les pompes à palettes, les pompes à piston et les pompes à diaphragme. Les deux derniers types sont utilisés dans les puits ou les forages profonds (plus de 100 mètres). L'entraînement est habituellement assuré par un arbre de transmission très long, à partir d'un moteur électrique monté en surface.

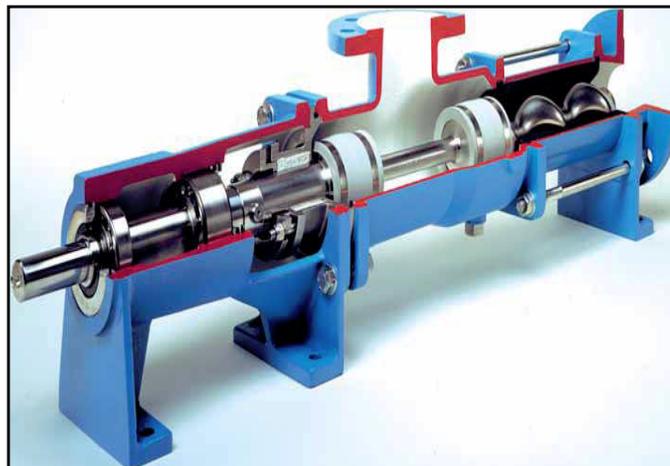


Figure 1. Vue générale d'une pompe volumétrique

Avec ce type de pompe (conformément à la résistance chimique et mécanique de l'élastomère du stator), il est possible de pomper n'importe quel fluide à pâte non thixotropique jusqu'à une viscosité de 150/200.000cP, et dans des cas exceptionnels, avec la

série MC, jusqu'à une viscosité de 800.000 CP. On peut pomper sans préjudice pour le bon fonctionnement de la pompe des fluides contenant des matières solides en suspension.

La pompe travaille selon le principe des pompes volumétriques, c'est à dire avec poussée positive, et transporte une quantité constante de fluide uniformément et sans pulsations. La pompe à vis est auto amorçante même au ralenti et avec fluides comme l'eau à 20°C, poids spécifique 1 Kg/dm³ et viscosité 1°E, la capacité d'aspiration est de 7 mètres.

1.2.2 La pompe Centrifuge

La pompe centrifuge transmet l'énergie cinétique du moteur au fluide par un mouvement de rotation de roues à aubes ou d'ailettes. L'eau entre au centre de la pompe et est poussée vers l'extérieur et vers le haut grâce à la force centrifuge des aubages. Afin d'augmenter la pression, donc la hauteur de refoulement, plusieurs étages d'aubages peuvent être juxtaposés sur le même arbre de transmission.

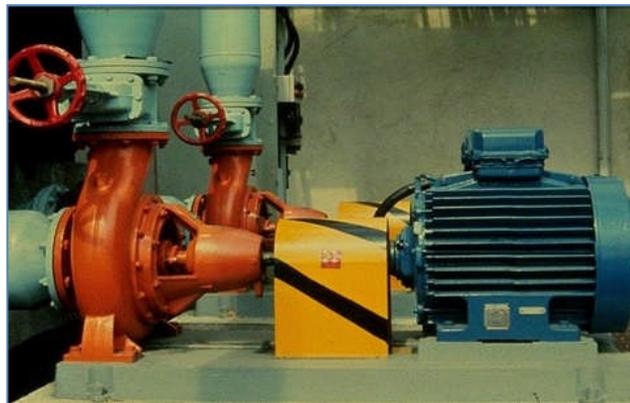


Figure2. Vue générale d'une pompe centrifuge

Chaque étage fait passer l'eau à l'étage suivant en relevant la pression jusqu'à l'étage final, délivrant un volume d'eau à pression élevée. La pompe centrifuge est conçue pour une HMT relativement fixe. Le débit de cette pompe varie en proportion de la vitesse de rotation du moteur. Son couple augmente très rapidement en fonction de cette vitesse et la hauteur de refoulement est fonction du carré de la vitesse du moteur. La vitesse de rotation du moteur devra donc être très rapide pour assurer un bon débit. La puissance consommée, proportionnelle à $(Q \times HMT)$, variera donc dans le rapport du cube de la vitesse.

On utilisera habituellement les pompes centrifuges pour les gros débits et les profondeurs moyennes ou faibles (10 à 100 mètres). Parce que le couple de démarrage est limité au couple de frottement de la pompe à vitesse nulle (qui est plus important qu'en rotation), la pompe requiert une vitesse minimale à une HMT donnée pour obtenir un débit de départ non nul.

Ce sont les pompes les plus utilisées dans le domaine industriel à cause de la large gamme d'utilisation qu'elles peuvent couvrir, de leur simplicité et de leur faible coût. Néanmoins, il existe des applications pour lesquelles elles ne conviennent pas:

- ❖ Utilisation de liquides visqueux: la pompe centrifuge nécessaire serait énorme par rapport aux débits possibles.
- ❖ Utilisation de liquides "susceptibles" c'est-à-dire ne supportant pas la très forte agitation dans la pompe (liquides alimentaires tels le lait ...).
- ❖ Utilisation comme pompe doseuse: la nécessité de réaliser des dosages précis instantanés risque d'entraîner la pompe en dehors de ses caractéristiques optimales.

1.3 Les différents types de moteurs des stations de pompage

En général, On distingue deux types de moteurs : synchrones et asynchrones qui sont les moteurs les plus utilisés et ceux qui se prêtent le mieux à une commande automatique. Les moteurs qui conviennent pour l'entraînement à vitesse constante des pompes centrifuges sont les moteurs asynchrones.

En général, ces moteurs se comportent comme un transformateur au démarrage dont le stator sera le primaire et le rotor le secondaire. Ce dernier étant en court-circuit avec une intensité du courant au démarrage qui risque d'être grande si l'on ne prend pas les précautions à l'appel au courant.

1.3.1 Généralités et principes de fonctionnement des moteurs asynchrones

Le moteur asynchrone couplé à un variateur de fréquence est de loin le type de moteur le plus utilisé pour les applications où il est nécessaire de contrôler la vitesse et le déplacement d'une charge.

Le système moteur-variateur convient bien pour des applications tels que les ascenseurs car on recherche une excellente précision à fois au niveau de la vitesse (confort des utilisateurs) et de la précision de la position de la cabine par rapport aux paliers.

Quant au moteur asynchrone seul, sa popularité résulte du peu d'entretien nécessaire, de sa simplicité de construction, de sa standardisation et de sa robustesse.



Figure 3. Vue générale d'un moteur asynchrone

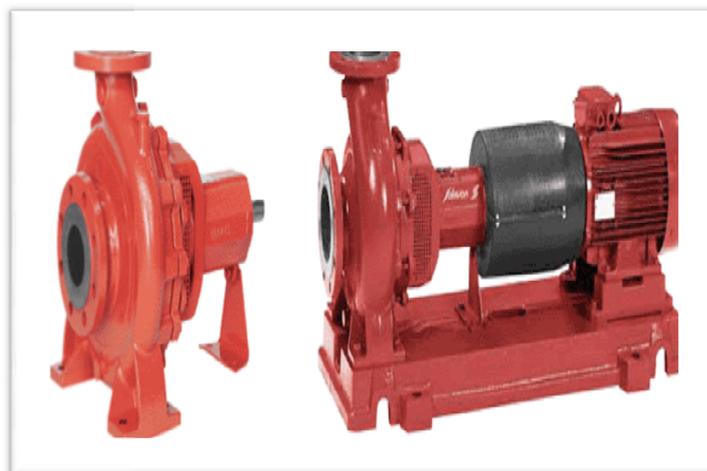


Figure 4. Corps de pompe seul et Corps de pompe et son moteur électrique

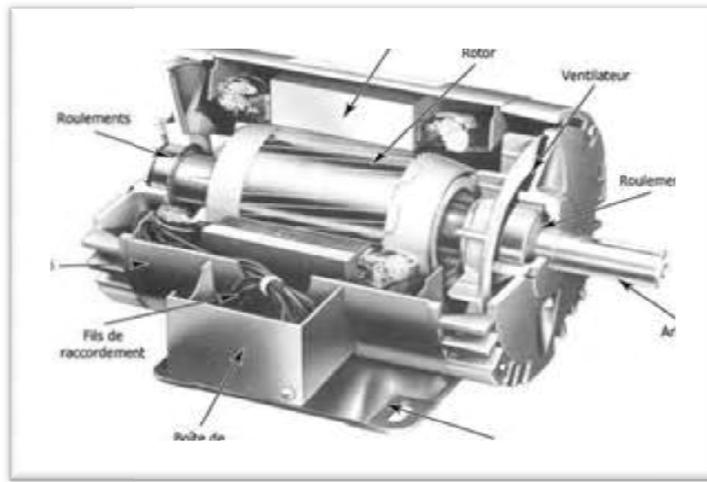


Figure 5. Principaux composants (vue en coupe d'un moteur asynchrone triphasé).

Le moteur asynchrone est donc constitué de deux parties : le stator et le rotor. Le principe de fonctionnement d'un moteur asynchrone repose sur :

- ❖ D'une part, la création d'un courant électrique induit dans un conducteur placé dans un champ magnétique tournant. Le conducteur en question est un des barreaux de la cage d'écureuil ci-dessous constituant le rotor du moteur.
- ❖ D'une part, la création d'un courant électrique induit dans un conducteur placé dans un champ magnétique tournant .Le conducteur en question est un des barreaux de la cage d'écureuil ci-dessous constituant le rotor du moteur.

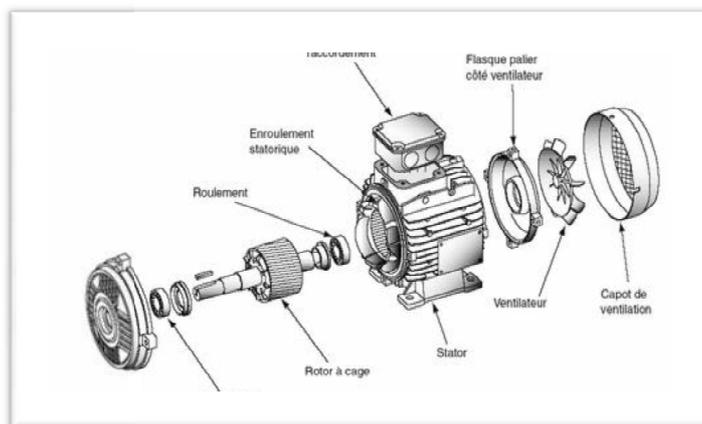


Figure 6. Vue générale d'une coupe d'un moteur asynchrone

L'induction du courant ne peut se faire que si le conducteur est en court-circuit (c'est le cas puisque les deux bagues latérales relient tous les barreaux).

D'autre part, sur la création d'une force motrice sur le conducteur considéré (parcouru par un courant et placé dans un champ magnétique tournant ou variable) dont le sens est donné par la règle des trois doigts de la main droite.

Comme montré sur le schéma ci-dessus, le champ tournant, à un instant donné, est orienté vers le haut. En considérant deux conducteurs diamétralement opposés, on constate que les courants induits dans ces deux conducteurs sont en sens inverse et, associés au champ magnétique, créent des forces motrices en sens inverse.

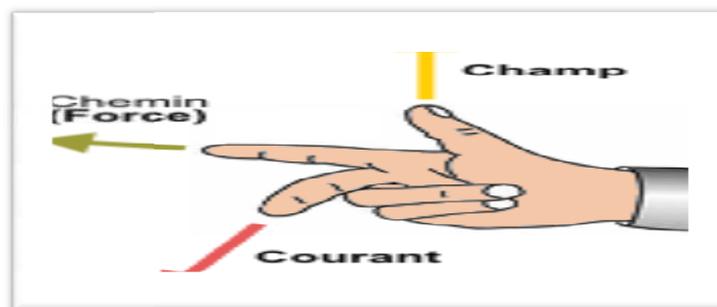


Figure 7. Le champ tournant, à un instant donné

Le rotor étant libre de tourner sur l'axe X-Y, les deux forces s'associent pour imprimer aux deux conducteurs un couple permettant la rotation de la cage d'écureuil : le moteur électrique est inventé. Pour entretenir la rotation du moteur, il est nécessaire de faire varier soit le courant dans les conducteurs de la cage, soit le champ magnétique. Dans un moteur asynchrone, c'est le champ magnétique qui varie sous forme de champ tournant créé dans le stator. Au démarrage le champ tournant balaye les conducteurs de son flux à la vitesse angulaire de synchronisme. Le rotor mis en rotation tend à rattraper le champ tournant. Pour qu'il y ait un couple entretenu au niveau des conducteurs, la variation de flux doit être présente en permanence; ce qui signifie que si les conducteurs tournent à la vitesse de synchronisme comme le champ tournant, la variation de flux sur les conducteurs devient nulle et le couple moteur disparaît.

Un rotor de moteur asynchrone ne tourne donc jamais à la vitesse de synchronisme (50 Hz). Pour un moteur à une paire de pôles (à 50 Hz, la vitesse de rotation du champ tournant est de 3 000 [tr/min]) la vitesse de rotation du rotor peut être de 2 950 [tr/min] par exemple; intervient ici la notion de glissement.

a. Présentation du stator



Figure 8. Vue générale du Stator

Le stator d'un moteur triphasé (le plus courant en moyenne et grosse puissance, voir figure 08), comme son nom l'indique, est la partie statique du moteur asynchrone. Il se compose principalement :

- ❖ de la carcasse,
- ❖ des paliers,
- ❖ des flasques de palier,
- ❖ du ventilateur refroidissant le moteur,
- ❖ le capot protégeant le ventilateur.

L'intérieur du stator comprend essentiellement :

- ❖ un noyau en fer feuilleté de manière à canaliser le flux magnétique,
- ❖ les enroulements (ou bobinage en cuivre) des trois phases logés dans les encoches du noyau.

Dans un moteur triphasé les enroulements sont au nombre minimum de trois décalés l'un de l'autre de 120° comme le montre le schéma ci-dessous. Influence du nombre de paires de pôles sur la vitesse de rotation et de la forme du champ statorique résultant.

b. Présentation du rotor

Le rotor (voir figure 09) est la partie mobile du moteur asynchrone. Couplé mécaniquement à un treuil d'ascenseur par exemple, il va créer un couple moteur capable de fournir un travail de montée et de descente de la cabine d'ascenseur. Il se compose essentiellement :

- ❖ d'un empilage de disques minces isolés entre eux et clavetés sur l'arbre du rotor afin de canaliser et de faciliter le passage du flux magnétique.
- ❖ d'une cage d'écurieul en aluminium coulé dont les barreaux sont de forme trapézoïdale pour les moteurs asynchrones standards et fermés latéralement par deux "flasques" conductrices.

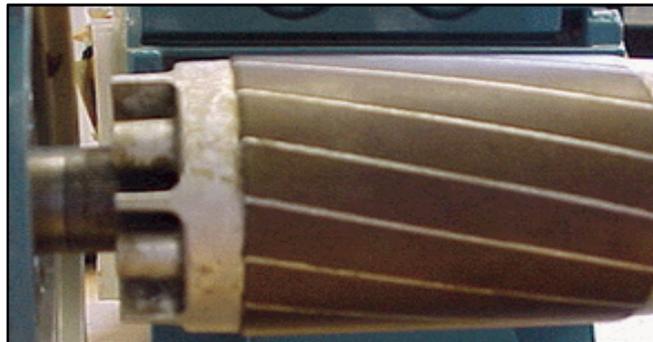


Figure 9. Vue générale du Rotor

c. Glissement, couple et vitesse de rotation

c.1 Glissement :

Comme on l'a vu au niveau du principe de fonctionnement d'un moteur asynchrone, la vitesse de rotation de l'arbre du moteur est différente de la vitesse de synchronisme (vitesse du champ tournant). Le glissement représente la différence de vitesse de rotation entre l'arbre du moteur et le champ tournant du stator.

c.2 Couple :

Le couple C d'un moteur asynchrone est fonction de la puissance P et de la vitesse de rotation n du moteur. Une des courbes la plus caractéristique des moteurs asynchrones est celle du couple en fonction du glissement. Couple en fonction du rapport : vitesse de rotation/vitesse de synchronisme.

d. Pilotage de la vitesse de rotation

Le pilotage de la vitesse de rotation du moteur asynchrone est essentiel pour beaucoup d'applications. On peut donc piloter la vitesse de rotation en intervenant sur :

- ❖ le nombre de paire de pôle (moteur à deux vitesses par exemple),
- ❖ le glissement du moteur (moteur à bague),
- ❖ la fréquence du réseau.

e. Pilotage en modifiant le nombre de pôles

En général, ils sont disponibles dans des anciennes installations d'ascenseurs qui fonctionnent encore avec des moteurs à deux vitesses. La plupart du temps se sont des moteurs dont le rotor est composé de deux nombres différents de paires de pôles. Les enroulements sont disposés dans les encoches du stator d'une manière particulière qui en fait tout sa complexité. Les différents couplages par paire de pôles permettent d'obtenir différentes vitesses.

Un moteur bipolaire a une vitesse de rotation de 3 000 [tr/min], tandis qu'un quadripolaire tourne à 1 500 [tr/min] ou à 3 000 [tr/min]. Donc pour autant que l'on puisse réaliser des couplages différents sur des moteurs à deux nombres différents de paires de pôles, on obtient des vitesses différentes.

1.4 Principaux équipements de la station de pompage

La station de pompage est constituée en général des ouvrages et des équipements suivants :

- ❖ Bâche d'aspiration,
- ❖ Chambre de télé-contrôle et d'automatisation,
- ❖ Groupes électropompes,
- ❖ Autres équipements en amont et en aval des pompes (vannes, clapets, manomètres, etc.).

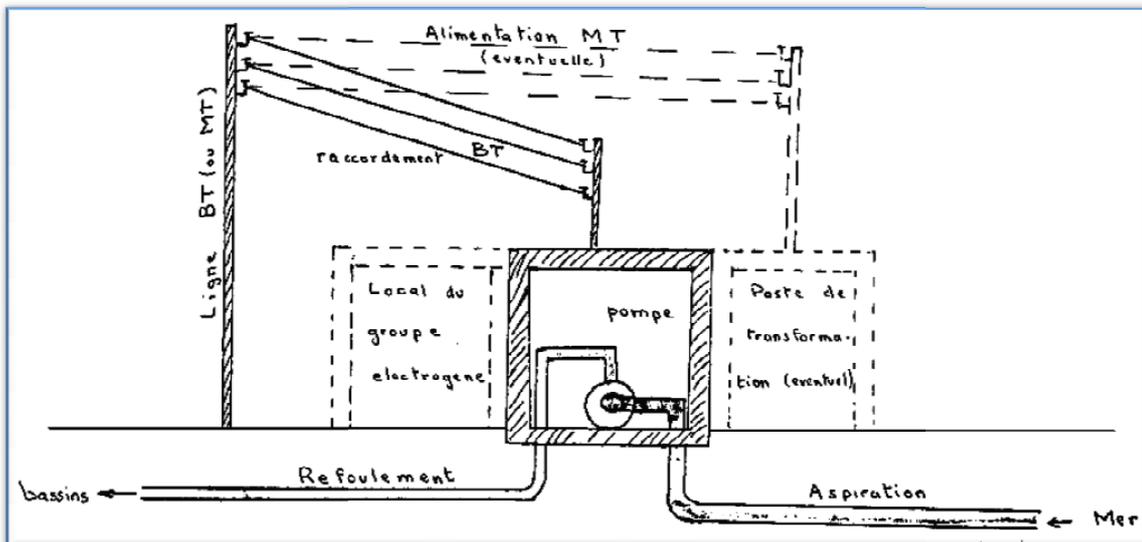


Figure 10. Vue générale synoptique d'une Station de pompage

Dans une station de pompage, on retrouve du côté aspiration le joint de démontage, la vanne d'aspiration, la convergente d'aspiration, la conduite de la pompe du côté de refoulement, on retrouve le Joint de démontage, le clapet anti-retour, le divergent et la conduite de la pompe.

Coté Aspiration :

1. le joint de démontage :

Le Joint de démontage permet l'installation et le démontage simplifié de vannes de sectionnement, de clapets de non retour, pompes, etc.



Figure 11. Vue générale du joint de démontage

2. La vanne d'aspiration :

Une vanne montée à l'aspiration de la pompe permet d'isoler la pompe pour les travaux d'entretien ou de démontage sans pour autant arrêter toute la station. Les vannes utilisées sont des vannes papillon la manœuvre de la vanne étant épisodique elle pourra être commandé manuel comma automatique (Voir figure ci jointe).

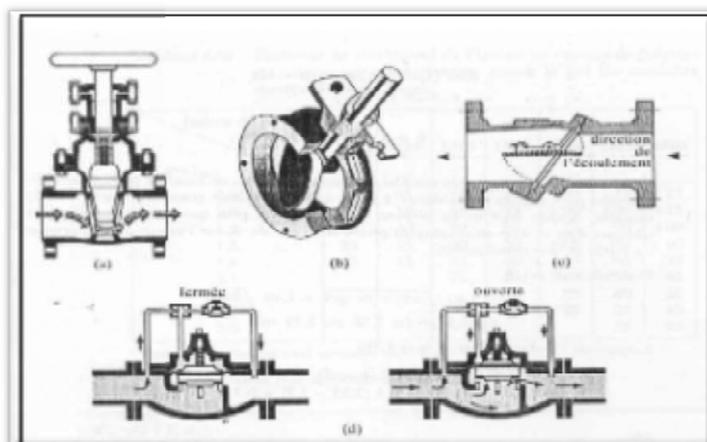


Figure 12. Vue générale de la vanne d'aspiration

3 . Le convergent d'aspiration

Le convergent d'aspiration permet d'avoir une accélération progressive de l'écoulement favorisant la bonne répartition des vitesses juste à l'amont de la pompe .le divergent a la forme d'un cône avec 30 degré d'angle au sommet (Voir figure ci jointe).

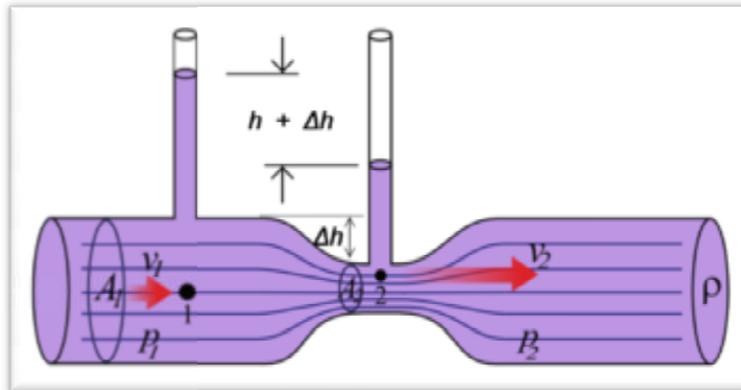


Figure 13. Vue générale du convergent d'aspiration

Coté refoulement :

1. Le joint de raccordement :

La conduite de refoulement sera raccordée à la pompe de manière a ne transmettre aucun effort parasite sur la pompe. On pourra utiliser en général un joint genre GIBAULTI. (Voir figure ci jointe).



Figure 14. Types de joints utilisés en général dans la pratique

2. clapets anti retour :

Un clapet sera mis en place pour empêcher inversion du débit d'eau lors de la pompe dans le cas de la pompe en charge (à l'aspiration) le clapet place a refoulement empêche le volume d'eau de revenir dans la bêteche d'aspiration (Voir figure ci jointe).

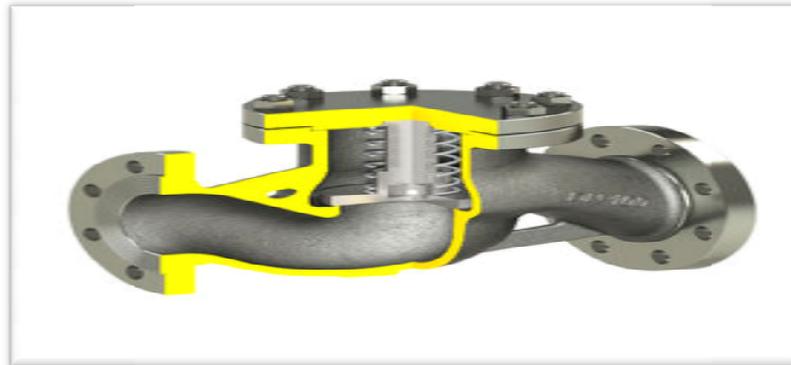


Figure 15. Vue d'une coupe d'un clapet anti retour

3. vanne de refoulement :

La vanne de refoulement placé après la pompe et le clapet anti-retour peut avoir plusieurs rôles .Cette vanne permettra d'abord d'isoler la pompe lors des entretiens et des démontages, la vanne peut également intervenir lors de la mise en marche et de l'arrêt de la pompe dans le cas des pompes centrifuges.



Figure 16. Type de vanne de refoulements utilisés

La manœuvre progressive de la vanne de refoulement permettras par ailleurs, lors du démarrage et de l'arrêt du groupe, de limiter les coups de bélier dus aux variations brusques de la vitesse de l'eau dans la conduite de refoulement. Enfin, la vanne de refoulement peut avoir éventuellement un rôle de réglage du débit. La Perte d'énergie résultante rend cette méthode de régalage de débit tout à fait primaire, aussi ne sera-t-elle applique qu'exceptionnellement.

1.5 Conclusion

Les principaux systèmes de pompage identifiés dans ce présent chapitre reflètent la réalité constatée au niveau des stations fonctionnelles. Ce chapitre est une vraie illustration des principaux équipements de ses usines élévatrices d'eau qui interpellent à chaque fois plus de technicité et d'innovation. Les systèmes utilisés en Algérie sont des systèmes très modernes et démontrent l'effort colossal que l'Etat a entrepris dans ce domaine.

Chapitre 2 : Analyse fonctionnelle d'un exemple de stations de pompage

2.1 Introduction.

Ce présent chapitre qui s'intéressera à l'Analyse fonctionnelle d'un exemple de station de pompage (cas de la station de Kouba, Alger) devra illustrer les principales caractéristiques techniques qui sont admises pour la bonne fonctionnalité attendue de l'automatisation de la station de pompage considérée.

Ce chapitre devra aussi faire ressortir globalement les diverses fonctions qui seront utilisés avec les équipements qui composent le volet automatisation de la station de pompage.

2.2 Description générale

Cette réalisation à pour objet de décrire l'automatisme d'un système de pompage d'eau potable de la Banlieue Est d'Alger. La station est conçue pour un réservoir de stockage d'aspiration de pompe intermédiaire.

La pompe fonctionne à 1300 m³/h respectivement 2600 m³/h avec une pression de refoulement de 58 m. Sur le collecteur de refoulement principal des pompes, un réservoir anti-bélier protège les pompes en cas d'une éventuel vague de pression. Les vannes de décharge des pompes sont motorisées, et les vannes d'aspiration sont manuelles. Les moteurs des pompes sont munis de démarreur progressif et de variateur de vitesse.



Figure 17. Vue Générale de station de pompage

Un débitmètre, installé sur la ligne d'aspiration qui indique et enregistre le débit en temps réel quand une ou plusieurs pompes sont en service. De la ligne d'alimentation de Garidi, il y a deux lignes (l'une principale et l'autre de secours) qui alimentent la station de pompage en eau. Une ligne DN 1000 séparée par une vanne alimente le réservoir(R100) et l'autre ligne DN 700 séparée avec une vanne qui peut alimenter directement le collecteur d'aspiration de la pompe (système By Pass).

Le niveau du réservoir R100 intermédiaire est contrôlé par un indicateur de niveau à ultrasons LC 01 et des capteurs de l'état du niveau (niveau Bas : LLL, niveau Moyen : LA, niveau Haut : HL). Sur l'écran de la salle de contrôle, l'opérateur voit le niveau du réservoir en temps réel qui est sera schématisé par une jauge (niveau du réservoir R100, indiquant le contenu de 0 à 100%).Un flotteur arrête les pompes niveau très bas (indiqué par le capteur à ultrason) et informe l'opérateur par une alarme sonore et visuel si l'écran de supervision quand le niveau haut de (HL) est aussi atteint.

Le débit d'eau vers le réservoir est contrôlé par une vanne altimétrique. Un pilote de niveau haut et une pile de niveau bas sont ajustés pour une ouverture réglable. Le remplissage du réservoir est effectué à partir d fond. Le réservoir est équipé d'un trop-plein et d'une vanne de drainage. La sortie du réservoir DN 100 alimente le collecteur d'aspiration de la pompe.

2.2.1 Equipements électriques de Moyenne Tension

a. Le câble Moyenne Tension

Le câble MT fait la liaison entre la cellule (déjà existante sur le site) et le transformateur. Sa fonction proprement dit est le transport d'énergie électrique d'un endroit vers un autre. Ce câble sera placé dans la cellule existante jusqu'au transformateur qui lui sera à proximité (c'est-à-dire dans le même local, très peu distant l'un de l'autre), il comprend les caractéristiques qui sont les suivantes :

Ame :	en cuivre
Ecran interne :	semi-conducteur extrudé
Isolation :	P.R.0
Ecran sur isolation :	semi-conducteur extrudé
Matelas semi-conducteur :	en tissu
Ecran :	fil de cuivre et/ou bande de cuivre
Séparateur :	feuille de PETP? (facultatif)
Gaine de protection :	P.V.0 (polychlorure de Vinyle)
Tension nominale :	de 6 à 30 KV
Température à l'âme :	En régime permanent : 90°C

Tableau2. Caractéristiques du câble MT

2.2.2 La Cellule de protection auxiliaire du transformateur :

La protection des transformateurs de puissance permettra de préserver notre installation MT, contre tout risque électrique du type (court-circuit, surintensité, etc.). Ces cellules seront placées à proximité du transformateur au coté des cellules existantes. Le nombre de cellules correspond au nombre de source, c'est-à-dire qu'il y deux arrivées (SN1 et SN2). La cellule SM6 comporte les spécifities suivantes.

Description	SM6
Degré de protection	IP 2XC
Type d'enveloppe	Compartimentée
Description	SM6

Tableau3. Spécificités de la cellule SM6

2.2.3 Autres types d'équipements

Les autres équipements proposés pour la réalisation de cette station de pompage ont été conçus, fabriqués et testés suivant les recommandations de la Commission électrotechnique internationale.

❖	Clauses communes haute tension	CEI 694
❖	Cellules haute tension sous enveloppe métallique	CEI 298
❖	Disjoncteur haute tension à courant alternatif	CEI 56
❖	Interrupteur à courant alternatif et de mise à la terre	CEI 129
❖	Interrupteur et sectionneur haute tension	CEI 265
❖	Combiné interrupteur fusibles haute tension	CEI 420
❖	Transformateur de courant	CEI 185
❖	Transformateur de tension	CEI 186
❖	Fusible haute tension	CEI 282-1
❖	Contrôle commande	CEI 801

Les Caractéristiques générales suivant la norme C.E.I. La Température ambiante -5°C à 35°C en moyenne journalière et 40°C maximum selon la CEI.

2.2.4 Le Tableau Electrique

Le tableau électrique recouvre les divers organes de commande et de puissance. Elle sera placée dans le local électrique de la station. Il y aura placé sur ses armoires des étiquettes afin de pouvoir les identifier (arrivées, départ, grouper électropompe1, 2 et 23, ...). Les armoires sont juxtaposable (extensible), fabriquées à partir d'une feuille d'acier, protégée à l'intérieur et à l'extérieur par une peinture résine polyester époxy et grise. Les caractéristiques sont les suivantes :

- ❖ Une cellule d'arrivé : H2000 *L1000 *P (600+400) mm
- ❖ Une cellule départ 2 :H200*L1000*P600mm
- ❖ Une cellule depart3 :H2000*L2000*P600mm
- ❖ Une cellule réserve : H2000*L600*P600mm
- ❖ Une cellule auxiliaire : H2000*L600*P600mm

2.3 Descriptif fonctionnel

La fonctionnalité du processus est gérée par l'automate, cependant l'opérateur peut intervenir durant l'opération pour changer sa configuration. Pour modifier l'état des systèmes l'opérateur dispose soit des boutons et commutateurs placés sur le pupitre soit sur l'écran HMI, il y aura une interface pour éventuellement changer et observer l'état du système.

2.3.1. L'API (Automate Programmable Industriel)

L'automate est une intelligence Artificielle que l'on programme avec divers langage de programmation qui sont définis par la norme CEI 61131-3, l'API (en Anglais le PLC Programmable Logic Controller), il est destiné à l'industrie pour la gestion des systèmes,(ici dans notre cas pour la gestion automatisé de la station de pompage).

L'Automate M340 aura pour rôle essentiel de gérer les actionneurs tels que les groupes électropompes, les vannes motorisées. Il assurera la sécurité du processus afin d'éviter toutes fausses manipulations de la part de l'opérateur, mais aussi il permettra la communication entre l'automate et l'écran HMI.

A la mise sous tension, l'automate s'assurera de l'inter-verrouillage entre le By-pass et le circuit principal est valide, sans cette condition de complémentarité (entre le circuit principal et le By-pass) le processus ne pourrait être opérationnel. Cette condition est testée tout au long du fonctionnement de la station. Si cette condition n'est pas satisfaite alors le superviseur donnera une alerte visuelle puis une sirène sera actionnée. L'automate va ensuite tester l'état des vannes aval :

- ❖ Si VP-M-400-03 est ouvert, la station ne pourrait être actionnée par l'automate.
- ❖ Si VP-M-400-02 est ouvert, la station ne pourrait être actionnée par l'automate
- ❖ Si VP-M-400-01 est ouvert la station ne pourrait être actionnée par l'automate.

Par mesure de sécurité pour les moteurs, le démarrage des pompes se fait à vide (c'est-à-dire sans charge, ici la charge est l'eau à travers la canalisation) pour éviter toutes éventualités de surchauffe des pompes.

- ❖ Pendant le démarrage d'une pompe, il se passe pendant un court instant (régime transitoire) un appel de courant qui est traduit par l'inertie du système. Le régime transitoire c'est le temps que met la dynamique du système à passer d'une valeur initiale (ici pompe à l'arrêt) à une valeur finale (la pompe est arrivée à sa vitesse nominale).
- ❖ Une fois que la pompe est sur régime permanent (c'est-à-dire que l'appel de courant a disparu et le courant s'est stabilisé à sa valeur nominale), l'automate M340 actionnera alors l'ouverture des vannes.
- ❖ En cas, de défaut de la pression signalé dans le collecteur principal par le capteur de Pression (PIA) :

Si le Processus venait à dépasser une valeur de pression (à définir pour l'équipementier hydraulique), alors l'automate donnera l'ordre d'arrêter les pompes et donnera un ordre à l'anti-bélier afin de diminuer la pression dans le collecteur principal en plus de ça il y aura un signal d'alerte sonore et aussi le superviseur affichera le défaut (surpression). L'indicateur de niveau (LS 01) et le contrôleur de niveau à Ultrason (LC 01) donneront l'image du contenu du Réservoir R100.

- ❖ Si le capteur indique un niveau très bas (LLL) alors les pompes ne seront pas actionnées par l'automate.
- ❖ Si le capteur indique un niveau moyen (LLA) alors l'automate activera une des trois pompes selon les régimes transitoires qui sera bien expliqués en chapitre quatre.
- ❖ Si le capteur indique un niveau haut (HL) alors l'automate activera une seule pompe.

Les indicateurs de niveaux seront affichés sur le (HMI) sous la forme d'une jauge en temps réel ainsi que l'état de l'activation des pompes.

Par mesure de sécurité, l'automate devra gérer le fonctionnement des pompes. Si une pompe détecte un défaut de température du bobinage ou autres défaillances qui vont être plus détaillés dans le chapitre 4 alors l'automate M340 arrêtera la pompe en question et le superviseur (écran HMI) affichera la nature de la défaillance dans le tableau des alarmes du vigeo designer.

2.3.2 .Gestion des tâches du système:

L'analyse fonctionnelle a mis en évidence les différentes tâches nécessaires à l'obtention de la valeur ajoutée. La tâche de Pompage se décompose en plusieurs autres tâches :

- ❖ Tâche de chargement par le Réservoir RI00 avec le contrôle de ses niveaux Tâche du By Pass en cas de Maintenance du Réservoir R100. -
- ❖ Tâche gestion des Groupes de pompage. Tâche gestion des Sécurités (Compresseur C101 et Anti-Bélier V101, etc.).
- ❖ Tâches gestion des défauts et Supervision du Processus.

Ces tâches peuvent être répertoriées en trois familles. Elles peuvent être traitées par l'opérateur en mode manuel mais il faut dans en cas d'appels multiples et simultanés gérer ces différentes demandes en respectant la hiérarchie de priorité qui sont traitées par l'automate MODICON M340.

2.4. Analyse du Diagramme des fonctions

Cette présente analyse est décomposée en plusieurs fonctions (voir figure suivante) qui sont régies au sein de la fonction principale de la station.

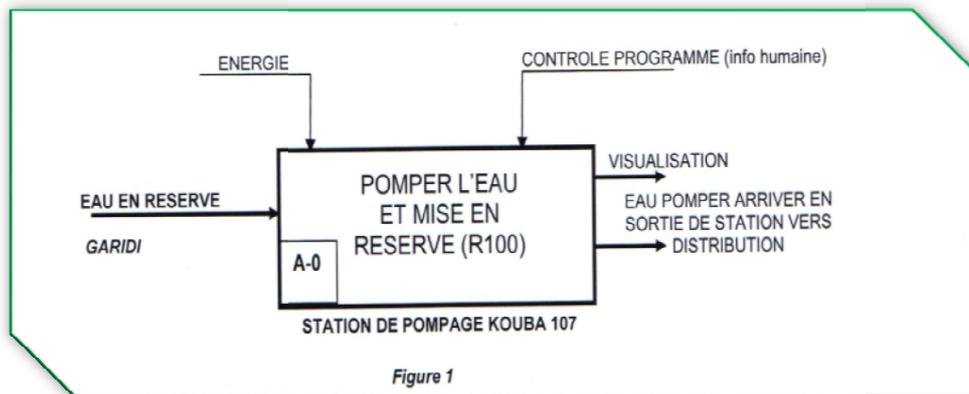


Figure 1

Figure18. Principales Fonctions retenues.

2.4.1 Analyse par fonction

La synoptique de l'installation de la station de pompage (voir figure suivante) est représentée avec ses différentes fonctions essentielles qui la composent

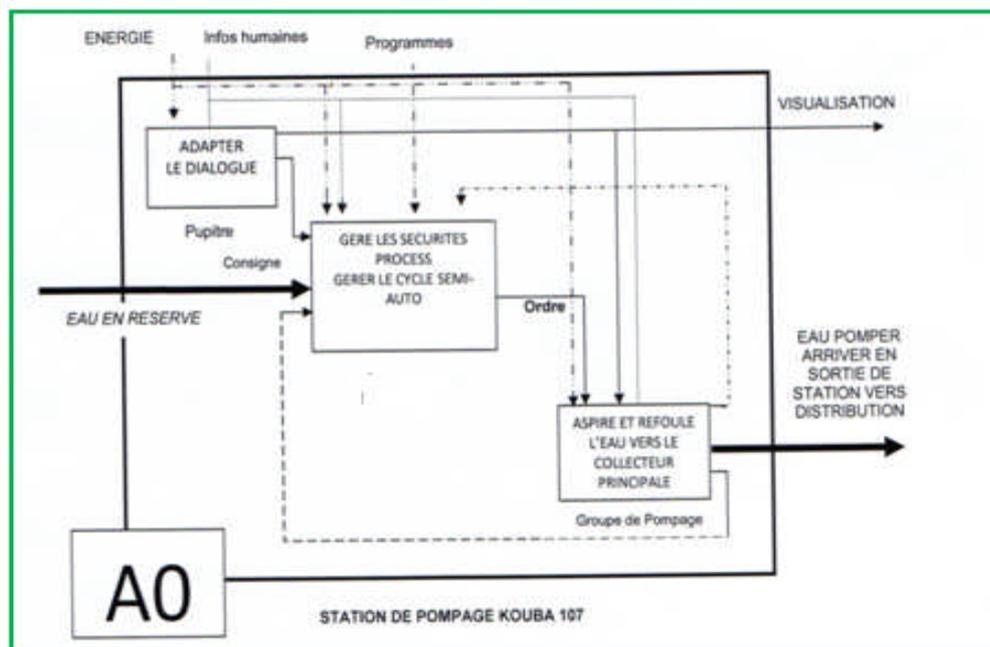


Figure19. Synoptique de l'installation de la station de pompage.

Les différentes tâches sont gérées par l'automate, on y trouve des signaux des entrées en TOR (Tout ou Rien) des entrées Ana (Analogiques) des sorties et TOR des sorties Ana.

2.4. 2 Gestion des anomalies

a- Défauts, Alarmes et définitions

On appelle défaut, un événement dont l'origine est une anomalie physique. On définit l'alarme comme une représentation visuelle du défaut. L'alarme est l'information issue du défaut. Elle est transmise à l'opérateur par l'intermédiaire du terminal IHM. On distingue plusieurs types de défauts :

- ❖ Les défauts câblés (ou défauts électriques). Ces défauts sont acquis directement par câblage depuis les armoires électriques. Ils correspondent à des dysfonctionnements liés à la sécurité des hommes : arrêts d'urgences etc. et la protection des machines : les défauts des départs actionneurs (thermiques). Ces défauts sont surveillés par le système en permanence et ceci quel que soit le mode de fonctionnement choisi par l'opérateur (position du commutateur). Une alarme de ce défaut est générée.
- ❖ Les défauts générés par le programme, ils peuvent être de plusieurs natures :
 - ✓ Ceux liés à une anomalie physique d'un ou plusieurs constituants de l'équipement : exemple discordance entre la commande et le retour d'état du contacteur, rupture de fils d'une mesure, etc. Ces défauts sont calculés par le système uniquement lorsque l'équipement est en mode automatique.
 - ✓ Les défauts système. Ils correspondent à des anomalies physiques liées aux organes du système (par exemple : défaut de carte).

La Procédure d'acquiescement des défauts apparaît Lorsqu'un défaut apparaît, une alarme est obligatoirement associée à celui-ci. L'opération d'acquiescement est réalisée par l'opérateur sur le terminal IHM en deux étapes :

- ❖ La prise en compte effective de l'alarme sur la page d'alarme associée au défaut en appuyant sur une touche spécifique.
- ❖ L'acquiescement proprement dit du défaut en sélectionnant la page d'exploitation de l'équipement associé au défaut et en validant l'acquiescement (cet acquiescement n'est effectif que si l'événement qui est à l'origine du défaut a disparu).

b- Défaut électrique

Définition :

Ce défaut câblé regroupe les dysfonctionnements liés à la chaîne de commande du moteur thermique, limiteur de couple, etc. Il est généré quel que soit le mode de marche de l'actionneur. En principe ce défaut est traité par les armoires électriques. Au niveau programme de l'équipement concerné il passe en position de sécurité (arrêt dans la plupart des cas). Une alarme est immédiatement générée.

Disparition du défaut :

Lorsque l'état de l'automate et celui du site sont de nouveau en concordance, l'actionneur reste en position de sécurité tant que l'opérateur n'a pas effectué une procédure d'acquiescement. Le défaut correspondant est mémorisé, ceci évite les pertes des défauts fugitifs.

Défaillance Automate (défaut automate)

Les conséquences d'un défaut sur l'automate sont que tous les équipements raccordés à ce dernier en défaut ne peuvent plus fonctionner en mode semi-automatique, et passent donc en position de sécurité. Toutes les sorties passent à 0 et donc les moteurs s'arrêtent. Un passage en mode manuel dégradé est obligatoire pour la Continuité du service.

Défaut carte entrées / sorties

Le défaut de carte E/S provoque immédiatement la mise en défaut des équipements associés. Ce défaut est alors traité comme un défaut électrique.

- ❖ Une alarme est générée.
- ❖ Disparition du défaut

Entrées TOR :

Les défauts électriques (thermique, arrêt d'urgence) seront traités en niveau logique '0' (contact à ouverture) pour défaut présent. Les informations suivantes seront traitées en niveau logique '1' (contact à fermeture) pour information présente:

- ❖ Retour marche contacteur
- ❖ Mode de fonctionnement

Sorties TOR :

Quand l'actionneur est commandé, le contact se ferme. La position de sécurité est donnée pour la sortie non commandée, c'est à dire le niveau logique 0.

Résumé des défauts :

Les Défauts sont classés avec un ordre de priorité car le but étant d'assurer un bon fonctionnement tout en préservant l'installation de la station.

- ❖ La sécurité contre la marche à sec et sécurité moteurs.
- ❖ La sécurité des Vannes pour le By Pass
- ❖ La sécurité du système Anti-Bélier (réservoir V101, compresseur C101, etc.)

Les éventuelles Défaut sont signaler sur l'écran de Supervision qui déclenche automatique une alarme, pour éteindre l'alarme sur l'écran de supervision il faudra éliminer d'abord le défaut ensuite s'acquitter sur l'écran de supervision.

2.5 Conclusion :

Cette analyse fonctionnelle telle que nous l'avons décrite retrace fidèlement l'ensemble des fonctions d'équipement et d'alimentation qui sont représentées ou distinguées dans la station de pompage d'eau.

Chapitre3 : Analyse de l'Instrumentation, des protocoles et équipements utilisés dans l'automatisation de la station de Pompage

3.1 Introduction

Les progrès considérables réalisés dans l'équipement automatique et les moyens de contrôle, qui ont révolutionné la manière de gérer le fonctionnement, la maintenance, les préoccupations liées à la sécurité des stations de pompage, aujourd'hui au premier plan nous interpellent à utiliser les dernières techniques existantes aujourd'hui sur le marché Algérien. L'optimisation de la conception des stations de pompage, tant dans les investissements exigés que dans les coûts d'exploitation et de maintenance, les outils informatisés, les logiciels et programmes utilisés permettent de simuler l'incidence des choix techniques et rendant plus fiable la prise de décisions.

Les titres à développer dans ce chapitre constitue des outils indispensables pour la compréhension des protocoles et des équipements utilisés dans les stations de pompage.

3.2 Présentation de l'Automate Madison M340

Ce chapitre comprend des descriptions générales et/ou des caractéristiques techniques générales et globales des équipements utilisés. La figure ci jointe fait ressortir la vue globale de la station automate Modicon M340.



Figure 20. Vue Générale de l'automate Modicon M340

Les processeurs de plate-forme automatisées Modicon M340 gèrent l'ensemble de la station automate, qui se compose de modules d'entrée/sortie TOR, de modules d'entrée/sortie analogiques, de modules de comptage, de modules experts et de modules de communication. Ces modules sont répartis sur un ou plusieurs racks raccordés au bus local. Chaque rack doit comporter sa propre alimentation ; le rack principal accueille l'unité centrale.

3.3 Illustration

Le schéma suivant présente un exemple de configuration de la station Automate MODICON M340 avec un rack :

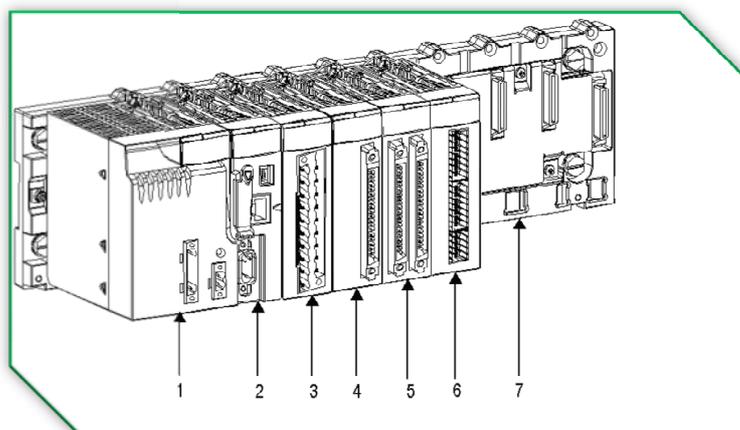


Figure 21. Vue Générale de l'automate Modicon M340

La description suivante décrit la composition de la station automate ci-dessus :

Repère Description /

- ❖ Module d'alimentation
- ❖ Processeur
- ❖ Module d'entrées/sorties à bornier 20 points
- ❖ Module d'entrées/sorties à 1 connecteur 40 points
- ❖ Module d'entrées/sorties à 2 connecteurs 40 points
- ❖ Module de comptage
- ❖ Rack à 8 emplacements

3.4 Présentation générale des composants d'une station automate :

3.4.1 Présentation générale des processeurs

Chaque station automate est pourvue d'un processeur, choisi en fonction des Caractéristiques suivantes :

- ❖ puissance de traitement (nombre d'entrées/sorties gérées).
- ❖ capacité mémoire.
- ❖ ports de communication.

3.4.2 Présentation générale des racks

Il existe quatre formats de racks, choisis selon le nombre de modules que vous souhaitez utiliser

- ❖ Rack BMX XBP 0400 (4 emplacements)
- ❖ Rack BMX XBP 0600 (6 emplacements)
- ❖ Rack BMX XBP 0800 (8 emplacements)
- ❖ Rack BMX XBP 1200 (12 emplacements)

La liste ci-dessus donne le nombre d'emplacements disponibles. Chaque rack inclut un emplacement supplémentaire réservé au module d'alimentation et un emplacement sur la droite est réservé au module d'extension de rack BMX XBE 1000.

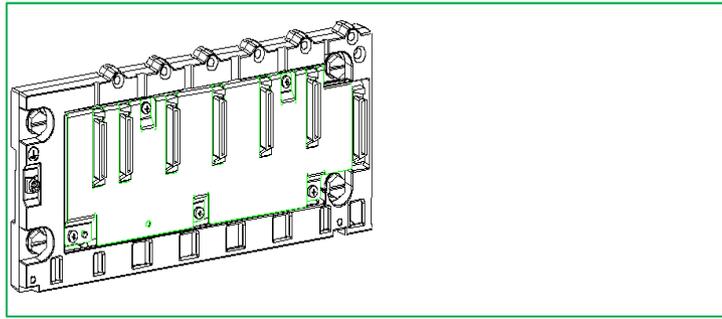


Figure 22. *Vue Générale du rack BMX XPB 0400 :*

3.4.3 Présentation générale des modules d'alimentation

Chaque rack nécessite un module d'alimentation défini en fonction du réseau distribué (courant alternatif ou courant continu) et de la puissance nécessaire au niveau du rack. La figure suivante présente un module d'alimentation BMX CPS.

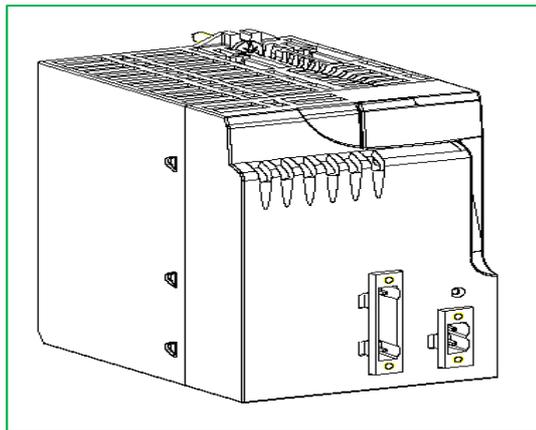


Figure 23. *Vue Générale du module d'alimentation BMXCPS:*

3.4.4 Présentation générale du module d'extension

Ce module permet de connecter un maximum de 4 racks en chaîne, selon l'unité centrale, répartis sur une longueur maximale de 30 mètres. La figure suivante présente le module d'extension de rack BMX XBE 1000 :

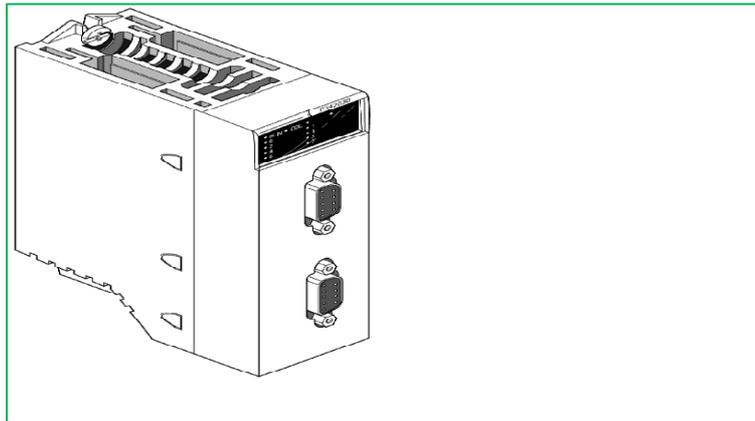


Figure 24. Vue Générale du module d'extension de rack BMX XBE 1000 :

3.4.5 Présentation générale de la communication Ethernet

Les automates de la gamme Modicon M340 peuvent être utilisés avec différents Modes de communication. Dans ce présent mémoire, nous allons développer le réseau Ethernet (réseau très développé par Schneider Electric). La communication Ethernet vise essentiellement les applications de :

- ❖ coordination entre automates programmables,
- ❖ supervision locale ou centralisée.
- ❖ communication avec l'informatique de gestion de production,
- ❖ communication avec les entrées/sorties distantes

La communication Ethernet supporte également, en fonction agent, la gestion du standard de supervision réseau SNMP. L'illustration suivante représente le réseau Ethernet suivant :

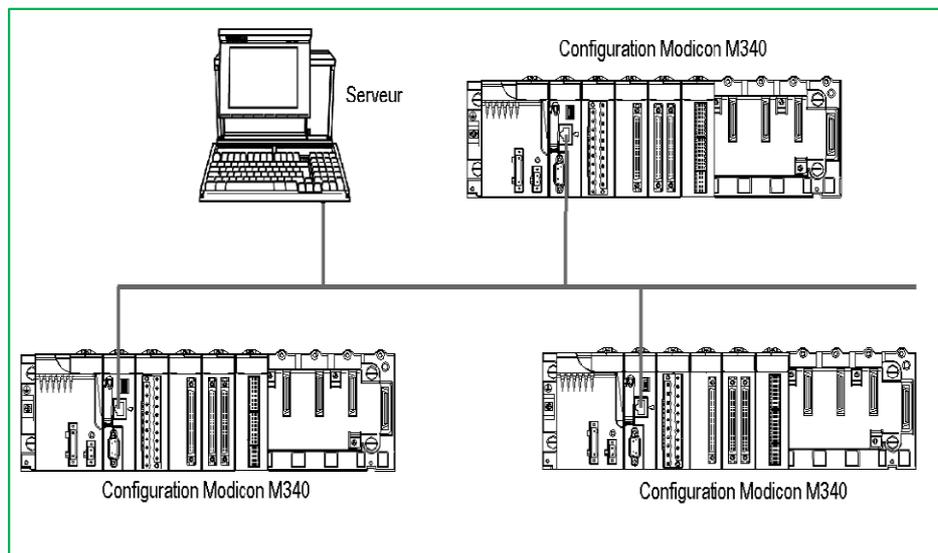


Figure 25. Vue Générale du réseau Ethernet

a. Développement de l'application

Ce sous-chapitre décrit pas à pas la création de l'application à l'aide d'Unity Pro.

Il contient les démarches suivantes :

- ❖ Création du projet
- ❖ Sélection du module analogique
- ❖ Déclaration des variables
- ❖ Création et utilisation des DFB
- ❖ Création d'un programme en langage LD pour l'exécution de l'application.
- ❖ Création d'un programme en langage LD pour la simulation de l'application

a.1 Création du projet :

Le développement d'une application sous Unity Pro passe par la création d'un projet associé à un automate. La Marche à suivre pour créer un projet à l'aide de Unity pro est la suivante

- ❖ Lancez le logiciel Unity Pro.
- ❖ Cliquez sur Fichier, puis sur Nouveau pour sélectionner un automate.

- ❖ Si vous voulez voir toutes les versions d'automate, cliquez sur la case Montrer toutes les versions.
- ❖ Choisissez le processeur souhaité parmi ceux qui vous sont proposés.
- ❖ Pour créer un projet avec des paramètres spécifiques, cochez la case Fichier de Paramètres et utiliser le bouton Parcourir pour trouver le fichier .XSO (fichier de Paramètres de projet). Il est également possible d'en créer un. la case Fichier de paramètres n'est pas cochée, les valeurs par défaut des paramètres de projet sont utilisées.
- ❖ Cliquez sur OK pour valider

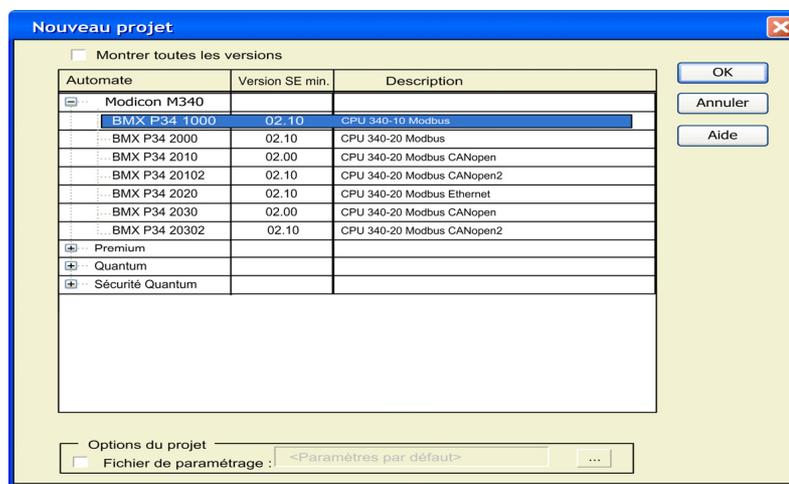


Figure 26. Exemple d'application du projet

a.2 Sélection du module analogique :

Le développement d'une application analogique implique la sélection du module Adéquat et une configuration appropriée. La procédure pour sélectionner le module analogique est la suivante.

a-Dans le Navigateur du projet, double-cliquez sur Configuration, sur 0 : Bus automate, puis sur 0:BMX ••• (où 0 est le numéro de rack) et double-cliquez sur un emplacement.

b-Dans la fenêtre Catalogue matériel, sélectionnez le module d'entrée BMX AMI 0410, puis utilisez la fonction glisser/déplacer pour le positionner dans la fenêtre Bus automate.

c-Effectuez la même procédure pour le module de sortie BMX AMO 0210.



Figure 27. Exemple d'application du projet

a.3 Déclaration des variables

Toutes les variables utilisées dans les différentes sections du programme doivent être déclarées. Les variables non déclarées ne peuvent pas être utilisées dans le programme. La procédure de déclaration des variables d'application se présente comme suit :

- ❖ Double-cliquez sur Variables élémentaires dans le Navigateur de projet ou dans les Variables et instances FB.
- ❖ Dans la fenêtre Editeur de données, cochez la case de la colonne Nom et saisissez le nom de votre première variable.
- ❖ Sélectionnez à présent un type de variable.
- ❖ Une fois toutes les variables déclarées, on ferme la fenêtre.

a.4 Création et utilisation des DFB

Les types DFB sont des blocs de fonctions programmables par l'utilisateur en langage ST, IL, LD ou FBD. Notre exemple utilise un moteur et une vanne DFB. Nous utiliserons également un DFB à partir de la bibliothèque pour la surveillance des variables, en particulier, les variables « sécurité » pour les niveaux des cuves et les variables « erreur » renvoyées par la vanne. On peut visualiser l'état de ces variables dans la fenêtre ' Visualisation des diagnostics '.

a.5 Création d'un programme en langage LD pour l'exécution de l'application

Cette section contrôle la pompe et la vanne à l'aide des DFB créés au préalable. La section ci-dessous fait partie de la tâche MAST.

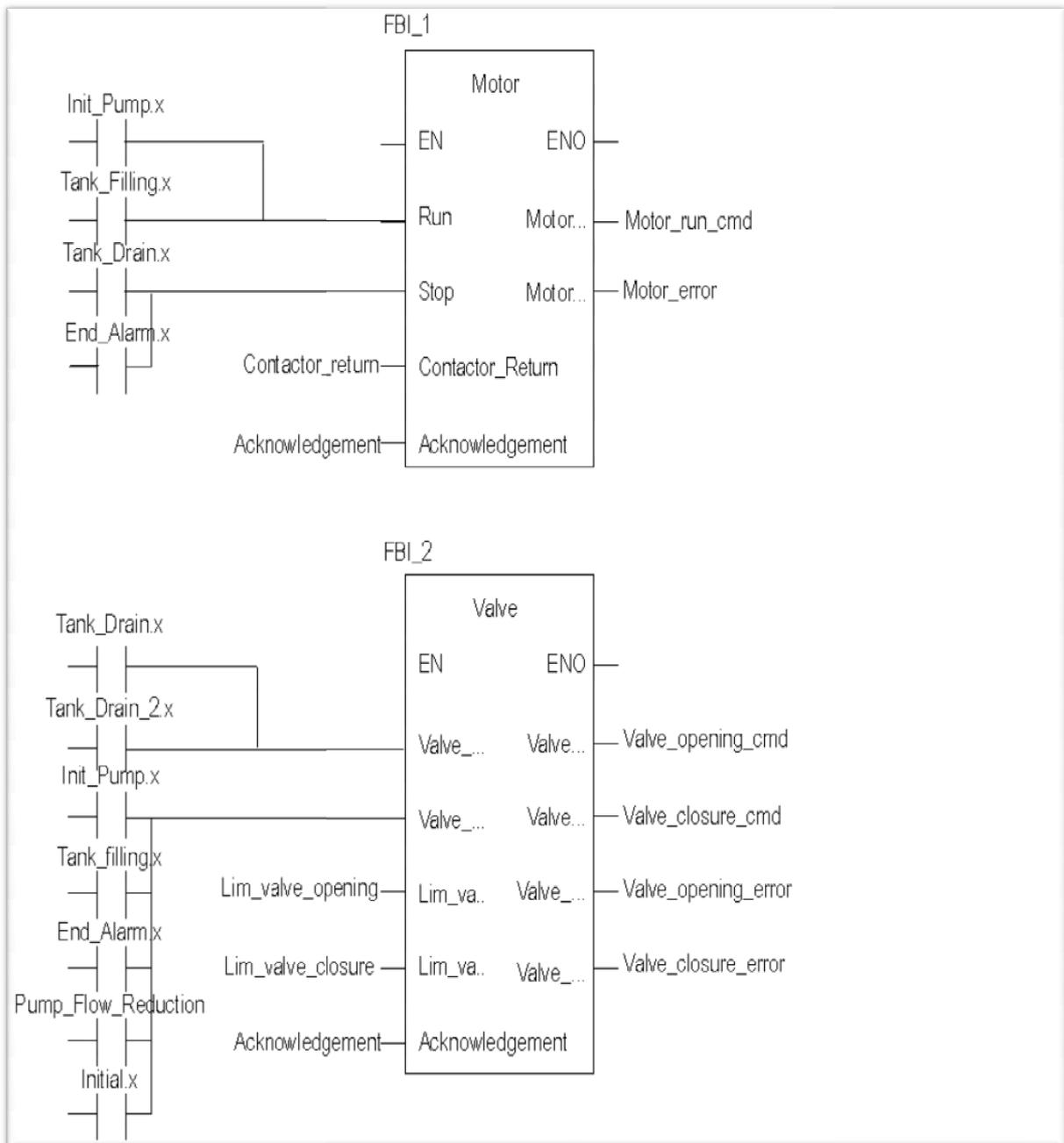


Figure 28 Exemple 1 d'application de la tâche MAST

Lorsque l'étape de la pompe est active, l'entrée Run du moteur DFB est définie sur La variable Motor_run_cmd passe à 1 et l'alimentation de la pompe est activée. Les mêmes principes s'appliquent au reste de la section. La Procédure de création d'une section LD se présente comme suit :

- ❖ Dans Navigateur du projet\ Programme\ Tâches, double-cliquez sur MAST.
- ❖ Cliquez avec le bouton droit de la souris sur Section, puis sélectionnez Nouvelle Section.
- ❖ Nommez cette section Application, puis sélectionnez le langage de type LD.
- ❖ La fenêtre d'édition s'ouvre.

a.6 Création d'un programme en langage LD pour la simulation de l'application

Cette section est utilisée pour une simulation d'application uniquement. Elle ne doit donc pas être utilisée si un automate est connecté. La section ci-dessous fait partie de la tâche MAST. Aucune condition n'est définie, elle doit donc être constamment exécutée :

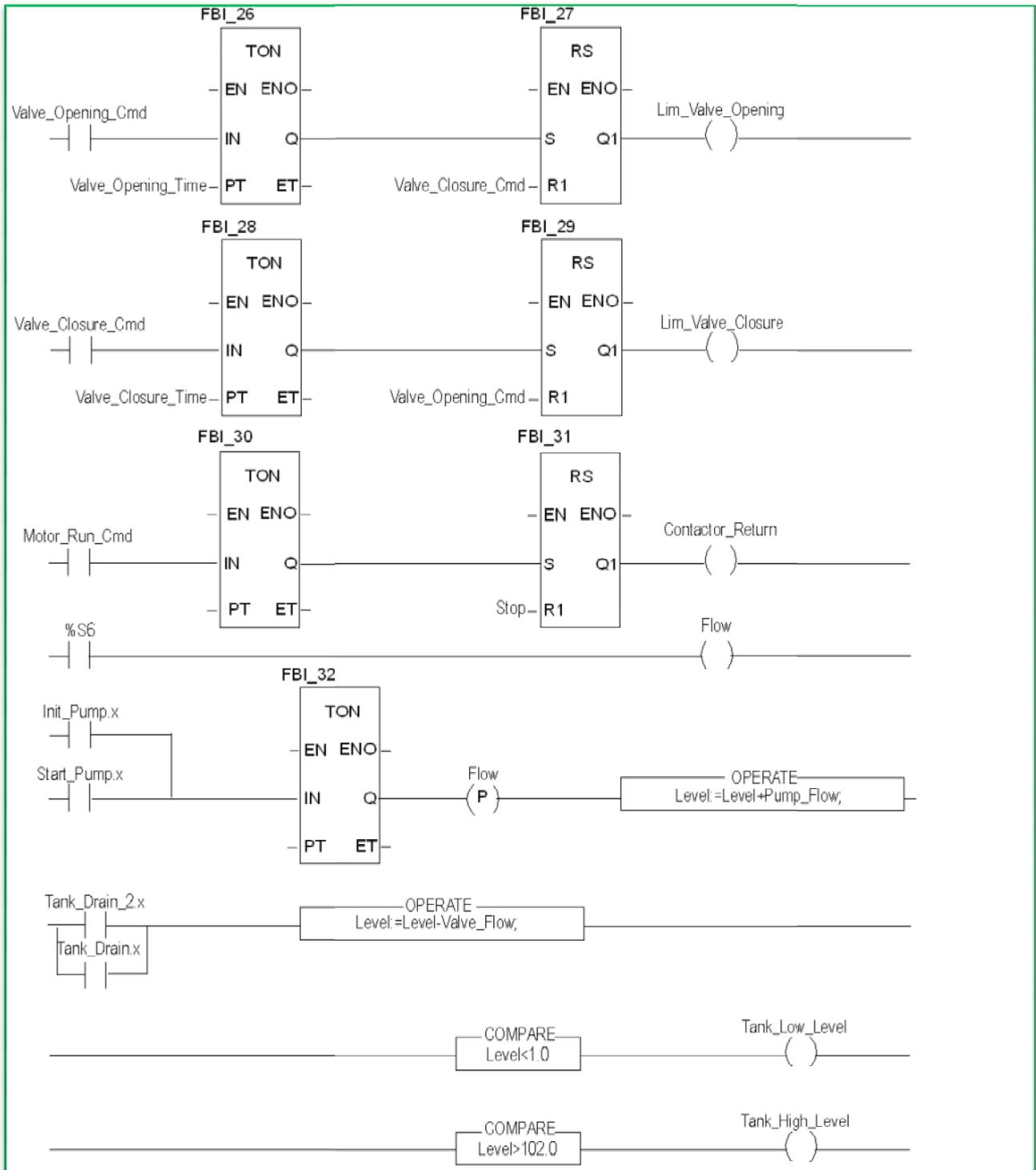


Figure 29 Exemple 2 d'application de la tâche MAST

Description de la section Simulation

- ❖ La première ligne de l'illustration sert à simuler la valeur de la variable Lim_valve_opening. Si la commande d'ouverture de la vanne est donnée (Valve_opening_cmd = 1), un temporisateur TON se déclenche. Lorsque l'heure PT est atteinte, la sortie TON passe à "1" et la sortie Lim_valve_opening est incrémentée de "1" jusqu'à ce l'ouverture de la vanne soit commandée au même moment.
- ❖ Les mêmes principes s'appliquent aux sorties Lim_valve closure et Contactor_return.
- ❖ La dernière partie de la section est utilisée pour la simulation du niveau de la cuve ainsi que pour le déclenchement de différents niveaux de la cuve.

Le développement d'une application sous vigeo desinger passe par la création d'un projet associé à un écran HMI. En terme de supervision, L'écran graphique XBTG de Schneider est une supervision industrielle qu'on va configurer et paramétrer afin de gérer l'animation de la station sous contrôle. Pour faire ce travail, on utilise le logiciel Vigeo designer. Du groupe Schneider Electric. La première étape lors de l'ouverture et le choix d'une nouvelle cible pour le déclenchement du travail voir figure suivante.

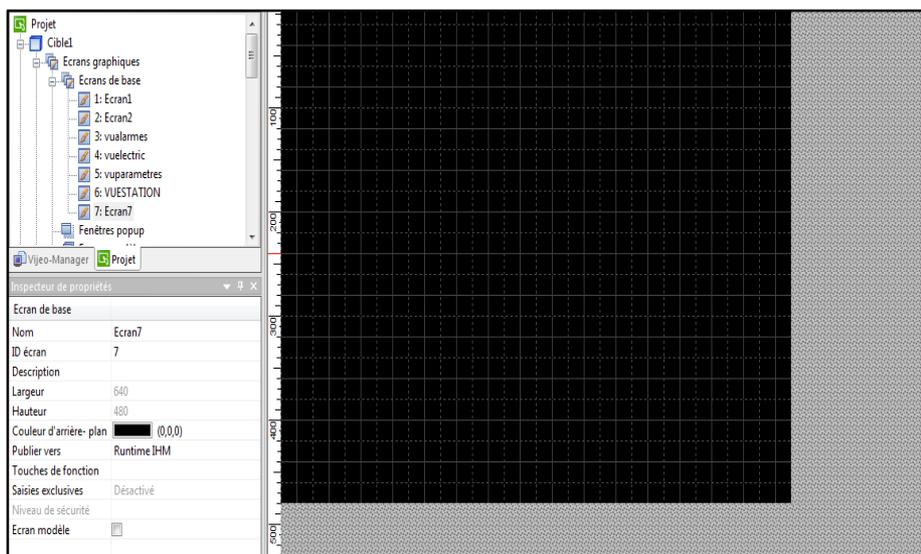


Figure 30 Etape du le choix de la cible

La deuxième étape c'est d'ouvrir la bibliothèque des objets et choisir l'objet qui convient au travail attendu par l'automaticien voir figure suivante .

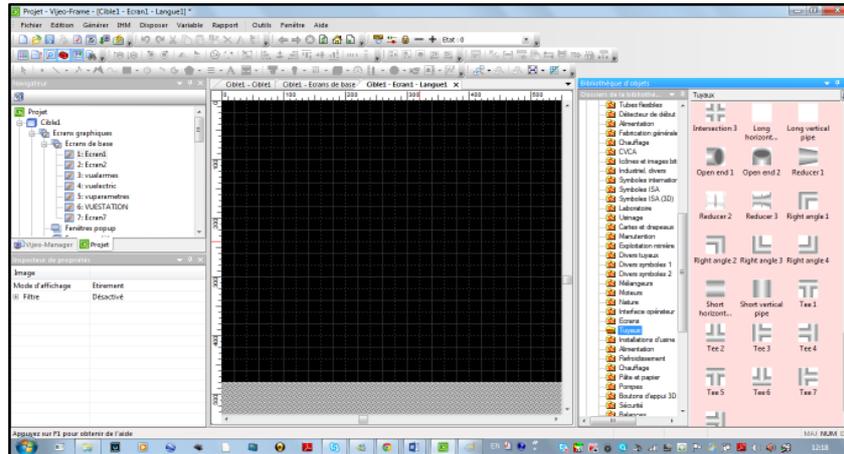


Figure 31 bibliothèque des objets

L'autre étape très importante pour l'arrangement des objets utilisés dans la cible pour préparer l'étape suivante qui est la déclaration de chaque objet voir figure suivante.

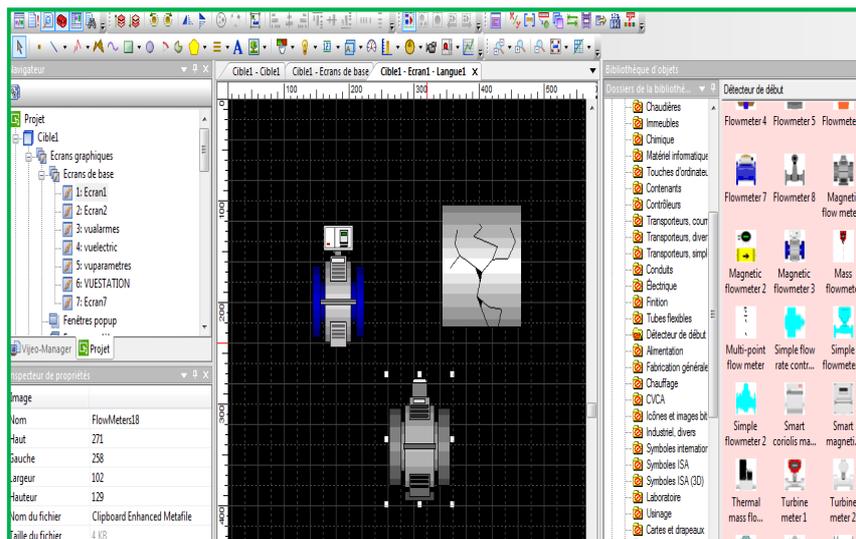


Figure 32 affectation des objets dans la cible

on arrive à la déclaration de chaque objectif comme étant une variable qui sera exploitée lors de l'animation de notre station voir figure suivante .

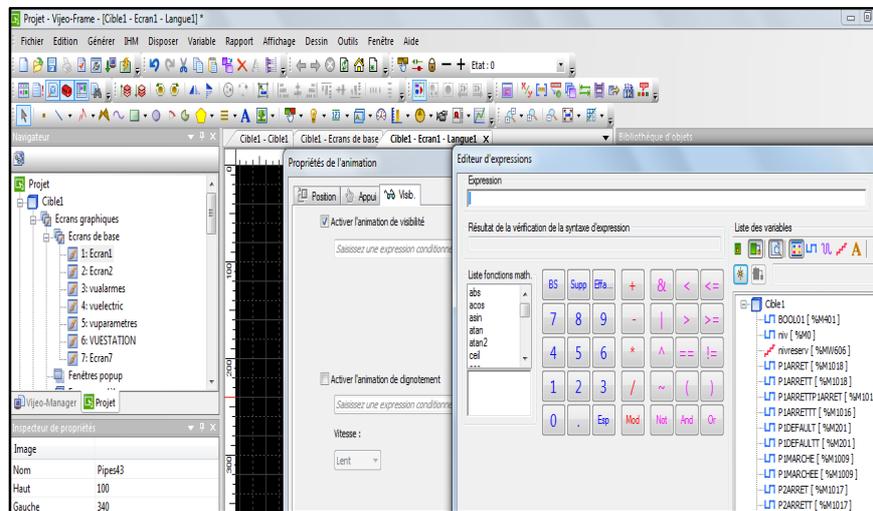


Figure 33 déclarations des variables et affectation des adresses

3.5 Conclusion

Ce chapitre nous a permis d'approfondir nos connaissances sur l'automate modicon M340 utilisé ainsi que ces modules et son protocole de communication.

Ce chapitre fait ressortir les caractéristiques et les principes généraux de la programmation. Aussi on vient d'expliciter les principes de fonctionnement des deux logiciels utilisés lors de la programmation.

Chapitre 4 : Programmation

4.1 Introduction

Ce présent chapitre fait ressortir les différentes étapes indispensables à la réalisation d'une solution de commande d'une station de pompage. Plusieurs objets ont été mis en évidence pour arriver à la solution préconisée. En premier lieu, nous devons présenter les deux logiciels clés pour cette solution considérée:

- ❖ unity pro xl délivré par le groupe Schneider Electric l'or de la programmation de l'automate programmable M340 MODICON qu'on vient de citer dans le chapitre 3
- ❖ vigeo designer aussi délivré par le groupe Schneider Electric sera exploiter l'or de la configuration le l'écran HMI de l'armoire électrique (cahier de charge de la station)

La fonctionnalité du processus est gérée par l'automate MODICON M340, cependant l'opérateur peut intervenir durant l'opération pour changer sa configuration. Pour modifier l'état des systèmes l'opérateur dispose soit des boutons et commutateurs placés sur le pupitre soit sur l'écran HMI, il y aura une interface pour éventuellement changer et observer l'état des systèmes. L'Automate M340 aura pour rôle essentiel de gérer les actionneurs tels que les groupes électropompe1, groupe électro pompes 2 ,le groupe électro pompes 3, les vannes motorisées soit la vanne d'aspiration ou de refoulement et aussi 3 vannes des groupes moto pompes, qui assureront la sécurité du processus afin d'éviter toutes fausses manipulations de la part de l'opérateur, et aussi, il permettra la communication entre l'automate et l'écran HMI.

Une bache à eau de 1000 litres avec quatre poires de niveaux avec une sonde analogique pour détecter les 4 niveaux de l'eau avec un réservoir distant. A la mise sous tension l'automate s'assurera de l'inter-verrouillage entre le By-pass) et le circuit principale est valide, sans cette condition de complémentarité (entre le circuit principal et le By-pass) le processus ne pourrait être opérationnel, cette condition est de tester tout au long du fonctionnement de la station, si cette condition n'est pas satisfaite alors le superviseur

donnera une alerte visuelle puis une sirène sera actionnée. L'automate va ensuite tester l'état des vannes avalées :

- ❖ si VP-M-400-03 est ouvert, la station ne pourrait être actionnée par l'automate.
- ❖ si VP-M-400-02 est ouvert, la station ne pourrait être actionnée par l'automate
- ❖ si VP-M-400-01 est ouvert, la station ne pourrait être actionnée par l'automate.

Par mesure de sécurité pour les moteurs, le démarrage des pompes se fait à vide (c'est-à-dire sans charge, ici la charge est l'eau à travers la canalisation). Pour éviter toutes éventuelles de surchauffe des pompes.

Pendant le démarrage d'une pompe, il se passe pendant un court instant (régime transitoire) un appel de courant qui est traduit par l'inertie du système. Le régime transitoire, c'est le temps que met la dynamique du système à passer d'une valeur initiale (ici pompe à l'arrêt) à une valeur finale (la pompe est arrivée à sa vitesse nominale).

Une fois que la pompe est atteinte sur régime permanent (c'est-à-dire que l'appel de courant a disparu et le courant est stabilisé à sa valeur nominale), l'automate M340 actionnera alors l'ouverture des vannes. En cas, de défaut de la pression signalé dans le collecteur principal par le capteur de Pression (PIA) :

- ❖ Si le Processus venait à être dépassé, une valeur de pression (à définir pour l'équipementier hydraulique), alors l'automate donnera l'ordre d'arrêter les pompes et donnera un ordre à l'anti-bélier afin de diminuer la pression dans le collecteur principal en plus de ça il y aura un signal d'alerte sonore et aussi le superviseur affichera le défaut (surpression).

L'indicateur de niveau (LS 01) et le contrôleur de niveau à Ultrason (LC 01) donneront l'image du contenu du Réservoir R100.

- ❖ Si le capteur indique un niveau très bas (LLL) alors les pompes ne seront pas actionnées par l'automate

- ❖ Si le capteur indique un niveau moyen (LLA) alors l'automate activera une des trois pompes selon les régimes transitoires qui sera expliquée en chapitre quatre.
- ❖ Si le capteur indique un niveau haut(HL) alors l'automate activera une seule pompe.

Les indicateurs de niveaux seront affichés sur le (HMI) sous la forme d'une jauge en temps réel ainsi que l'état de l'activation des pompes. Par mesure de sécurité l'automate gèrera le fonctionnement des pompes.

Si une pompe dècèle un dèfaut de température du bobinage ou de la température ou autre dèfaillance qui vont ètre plus dètaillè dans le chapitre 4 alors l'automate M340 arrètera la pompe en question et le superviseur affichera la nature de la dèfaillance dans le tableau des alarmes du vigéo designer.

4.2 Application

4.2.1 Application à l'aide de unity pro xl

Notre application a ètè conèue et prèparè en quatre ètapes essentielles

- ❖ Affectation des entrèes /sorties (variables)
- ❖ Avant-projet
- ❖ Prèparation
- ❖ Mots de commande

La première ètape, c'est de configurer l'automate Modicon M340 par les modules nècessaires pour le travail afin de pouvoir dèclarer les diffèrentes entrèes et sortie utilisèes l'or de la programmation.

Les variables sont les paramètres sur lequel l'automate va agir et faire èvoluer dans le temps, tout au long du processus. On distingue quatre types de variables.

Les entrées TOR :

Les entrées TOR (Tout ou Rien) vont à l'entrée de l'automate, à l'emplacement 3 et 4 du Rack. il y a au total, 128 entrées TOR dont 67 qui sont utilisés par la station (dont un total de 68% des entrées sont utilisées) donc il reste une marque de 32% des entrées non utilisées pour une éventuelle extension de la machine ou voir un ajout de matériel supplémentaire.

Les sorties TOR :

Les sorties TOR (Tout ou Rien) vont à la sortie de l'automate, à l'emplacement 5 du Rack, il y a en tout 32 sorties TOR dont 23 qui sont utilisés par la station (dont un total de 72% des sorties sont utilisées) donc il reste une marque de 28% des sorties non utilisées pour une éventuelles extension de la machine ou voir un ajout de matériel supplémentaire.

Les entrées ANA :

Les entrées ANA (Analogiques) vont à l'automate, l'emplacement 6 du Rack, il y a en tout 16 entrées ANA dont 11 qui sont utilisés par la station (dont un total de 68% des entrées sont utilisées) donc il reste une marque de 32% des entrées non utilisés pour une éventuelle extension de la machine ou voir un ajout de matériel supplémentaire.

Les sorties ANA :

Les sorties ANA (Analogiques) ne sont pas affectés, mais elles sont existantes pour une éventuelle extension de la station. La figure montre les modules TOR et analogiques lors de la configuration de l'automate pour configurer et affecter nos entrées et sortie.

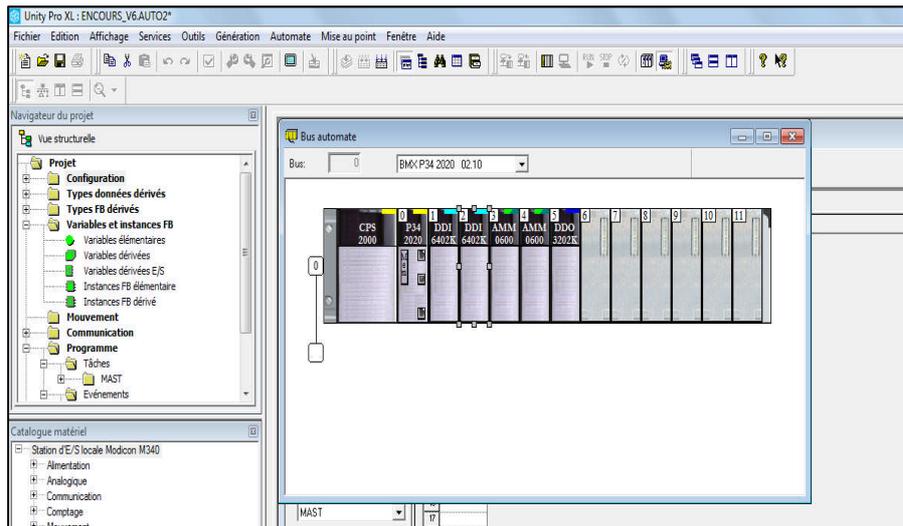


Figure 34 Configuration de l'automate (entrée /sortie)

a.1 affectation des entres sorties :

L'affectation des entrées et sorties est représentée dans la photo suivante :

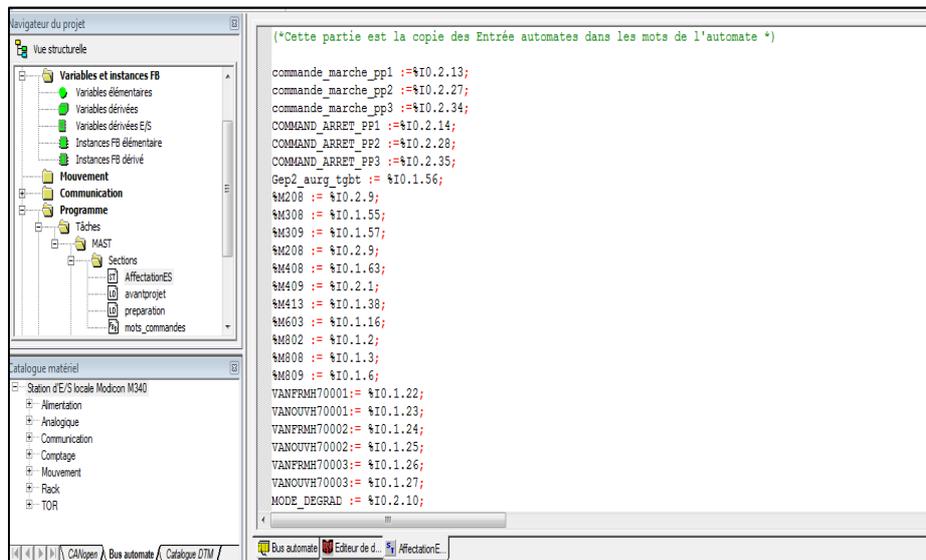


Figure 35 Configuration de l'automate (entrée /sortie)

- ❖ commande_marche_pp1 :=%I0.2.13;
- ❖ commande_marche_pp2 :=%I0.2.27;
- ❖ commande_marche_pp3 :=%I0.2.34;
- ❖ COMMAND_ARRET_PP1 :=%I0.2.14;
- ❖ COMMAND_ARRET_PP2 :=%I0.2.28;
- ❖ COMMAND_ARRET_PP3 :=%I0.2.35;
- ❖ Gep2_aurg_tgbt := %I0.1.56;
- ❖ %M208 := %I0.2.9;
- ❖ %M308 := %I0.1.55;
- ❖ %M309 := %I0.1.57;
- ❖ %M208 := %I0.2.9;
- ❖ %M408 := %I0.1.63;
- ❖ %M409 := %I0.2.1;
- ❖ %M413 := %I0.1.38;
- ❖ %M603 := %I0.1.16;
- ❖ %M802 := %I0.1.2;
- ❖ %M808 := %I0.1.3;
- ❖ %M809 := %I0.1.6;
- ❖ VANFRMH70001:= %I0.1.22;
- ❖ VANOUVH70001:= %I0.1.23;
- ❖ VANFRMH70002:= %I0.1.24;
- ❖ VANOUVH70002:= %I0.1.25;
- ❖ VANFRMH70003:= %I0.1.26;
- ❖ VANOUVH70003:= %I0.1.27;
- ❖ MODE_DEGRAD := %I0.2.10;
- ❖ Def_presost_ref_max := %I0.1.13;
- ❖ GEP1_MAN := %I0.2.12;
- ❖ GEP1_AUT := %I0.2.11;
- ❖ GEP1TSION := %I0.1.51;
- ❖ Gep1_aurg_ppt := %I0.2.17;
- ❖ Gep1_aurg_bbt := %I0.2.18;
- ❖ Gep1_aurg_tgbt := %I0.1.48;

- ❖ Aurg_sal_mach := %IO.2.9;
- ❖ DISJGEP1FRMPU := %IO.1.47;
- ❖ DFODEPGEP1 := %IO.1.49;
- ❖ Gep1_incoh_d_l := %IO.1.31;

a. 2 avant projet :

Le schéma suivant préconise l'esquisse de l'avant projet :

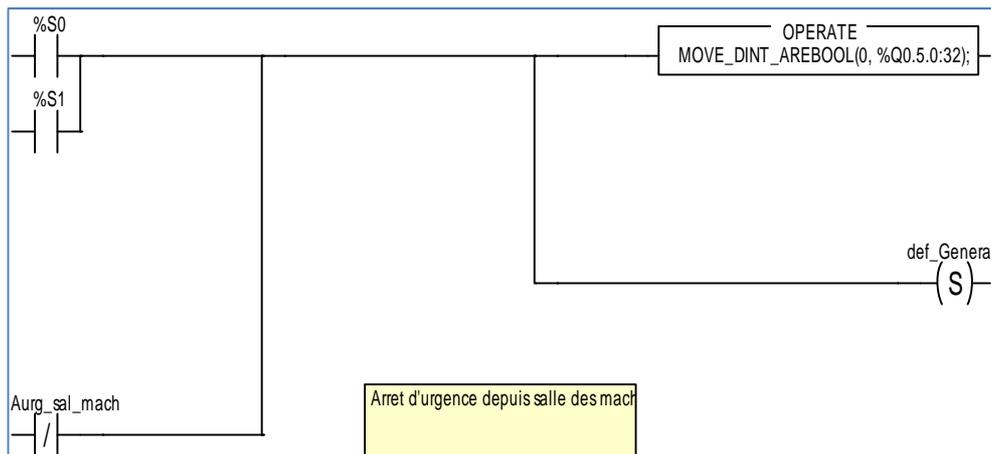


Figure 36 arrêts d'urgence depuis la salle de machine

- ❖ Lors d'un démarrage à froid ou à chaud, un arrêt global de la station le %S0 et le %S1 décrit
- ❖ %S0 Démarrage à froid : Normalement sur 0, ce bit est réglé sur 1 par :
Une reprise du secteur avec pertes du contexte (défaut de la pile)
- ❖ Ce bit est réglé sur 1 lors du premier cycle de restauration complet de l'automate en mode RUN ou STOP. Il est remis à 0 par le système avant le cycle suivant.
- ❖ %S1 Démarrage à chaud : Normalement sur 0, ce bit est réglé sur 1 par :
une reprise du secteur avec enregistrement de données,

Donc un contacteur fermé et mis en évidence pour l'arrêt. Cette configuration qui suit a pour but d'éliminer les défauts des trois groupes moto pompes.

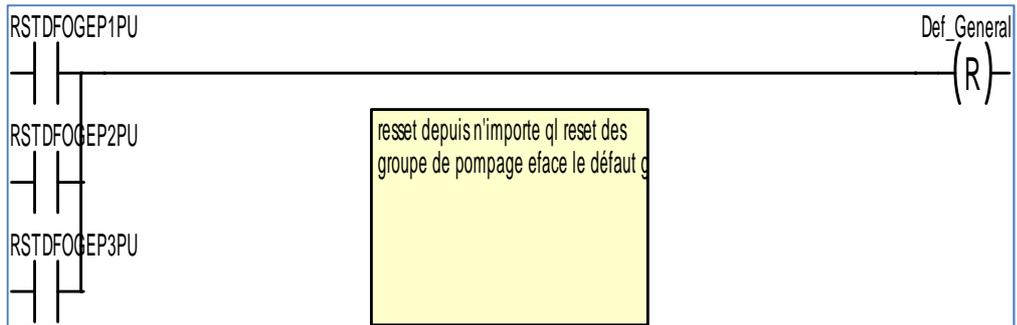


Figure 37 reset des defaults

Cette prochaine étape est utilisée pour l'affectation des niveaux d'eau, voir figure suivante.

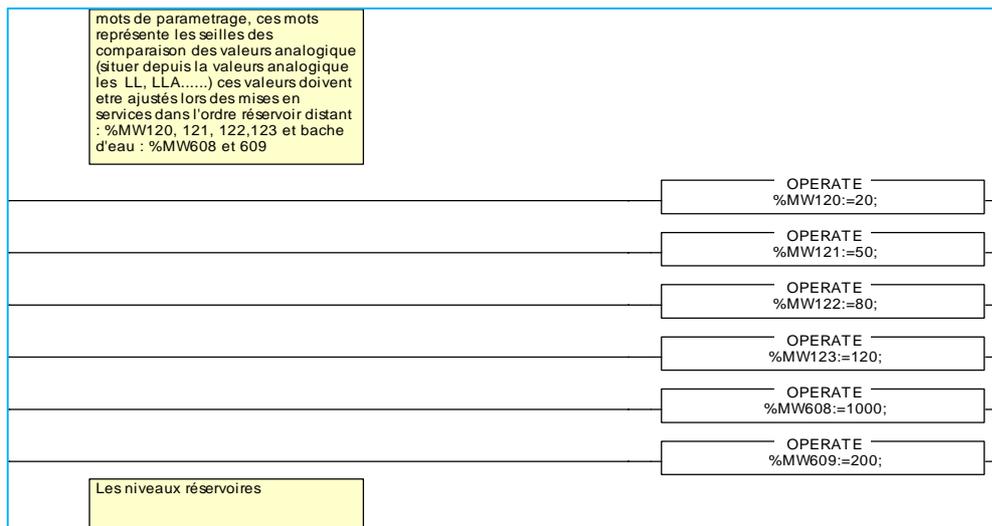


Figure 38 affectations des niveaux

Il est présenté dans le graphe suivant, une procédure pour affecter les 4 niveaux et aussi la signalisation des défauts d'incohérences. (Voire figure suivante).

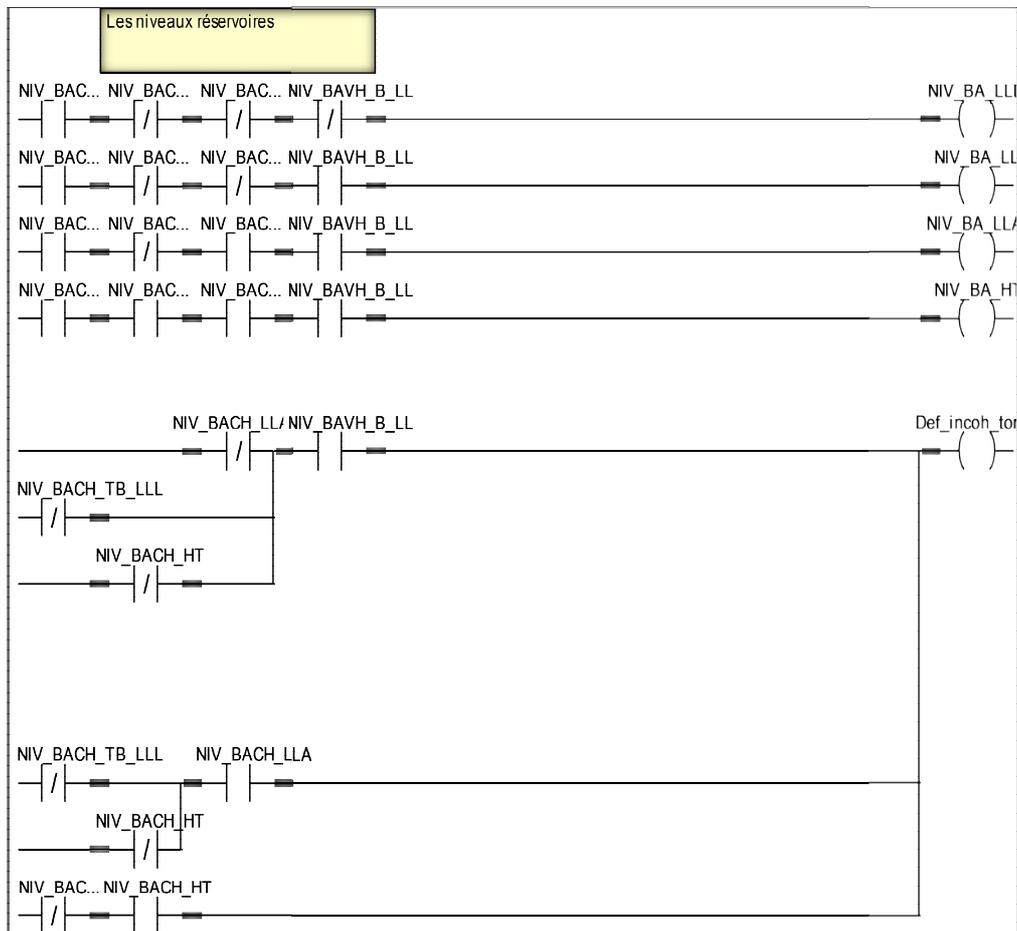


Figure 39 niveaux de la bache et défauts d'incohérence

a.3 Préparation :

La programmation délivrée pour déclarer les états possibles afin de ne pas autoriser le démarrage se présentent en six cas possibles.

- ❖ niveau bas
- ❖ défaut général
- ❖ vanne aspiration fermée
- ❖ vanne refoulement fermée
- ❖ Disjoncteur principal fermé
- ❖ Défaut max pressostat

La figure ci dessous montre le schéma de programmation

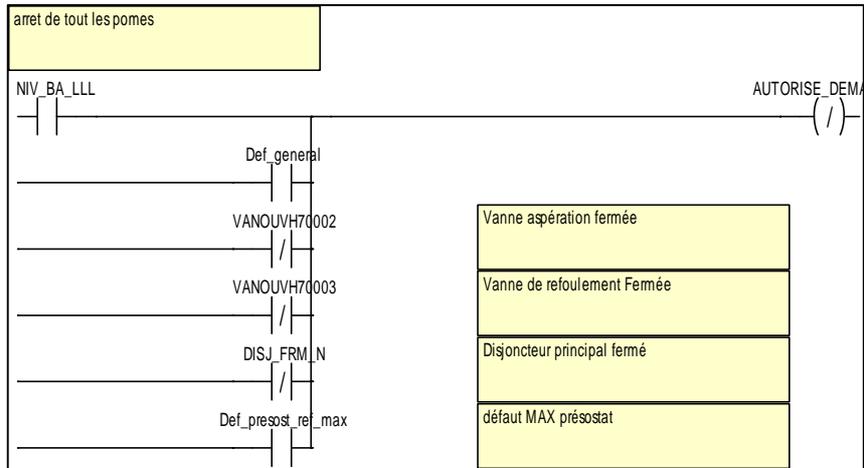


Figure 40 la non autorisation de démarrage

La prochaine étape décrit la permutation des pompes (autorisation transitoire) figure Ci- jointe.

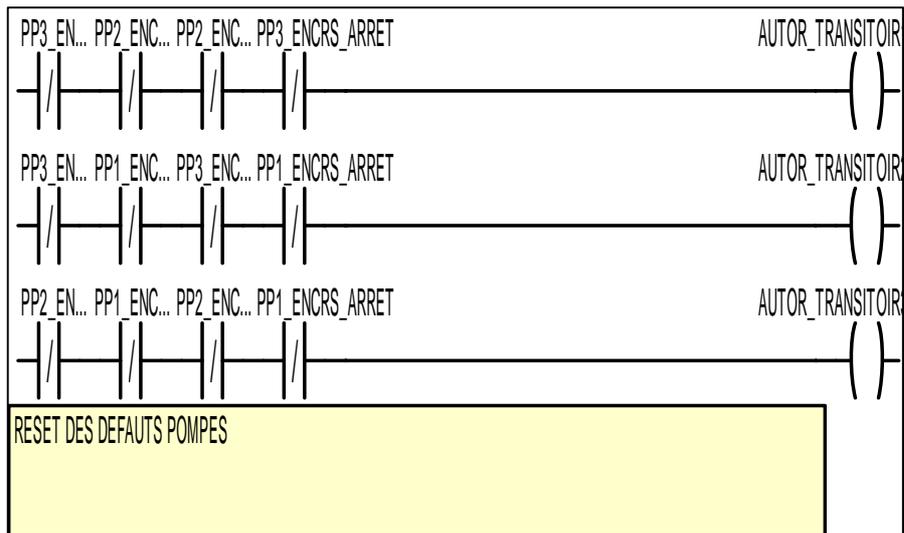


Figure 41 Autorisation transitoire

La figure qui suit représente tous les cas possibles pour les défauts de la pompe 1.

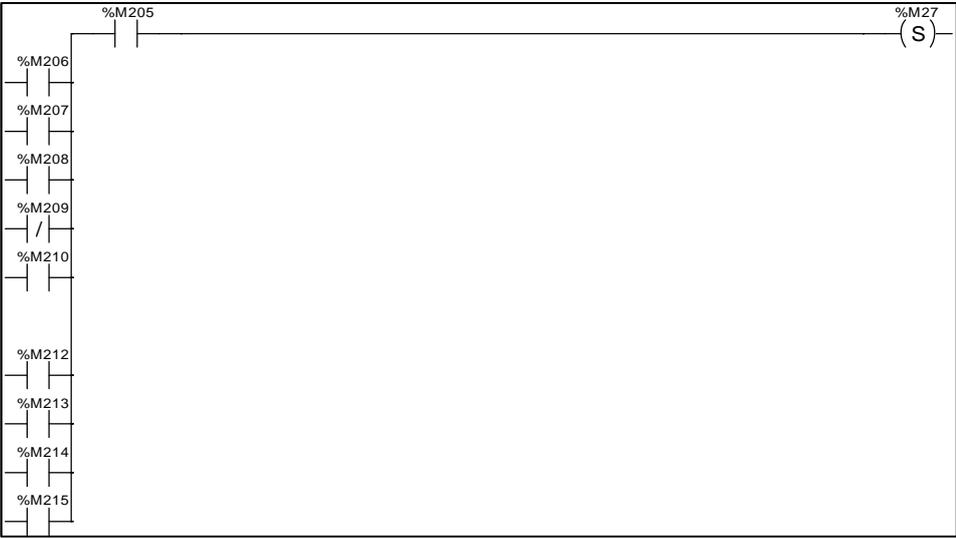


Figure 42 les defauts de la pompe 1

Remarque : de la même façon, les défauts de la pompe 2 et 3 sont déterminés.

Le bloc suivant représente les temps de marche des pompes en (heure, minutes et secondes).

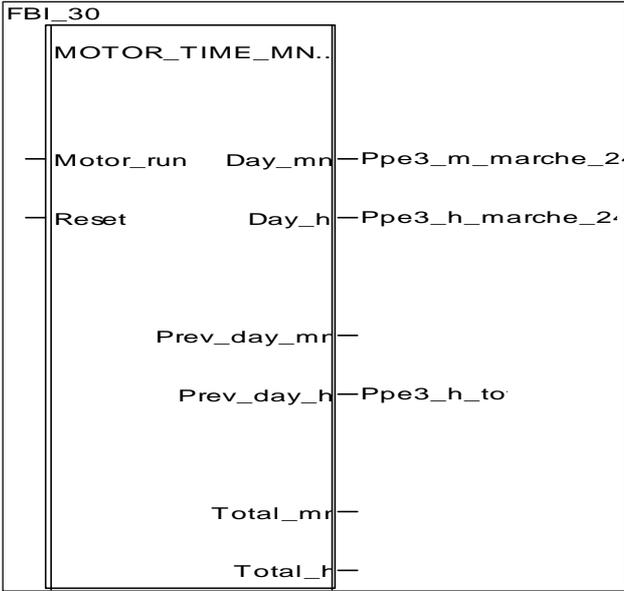


Figure 43 blocs de calcul de temps de marche de la pompe 1

a.4 Mots de commande

Commande de démarrage pompe 1.

Ce bloc décrit les étapes essentielles et obligatoires pour démarrer la pompe dont les conditions sont :

- ❖ Autorisation de démarrage
- ❖ Groupe électro pompe en automatique
- ❖ Groupe électro pompe en manuel
- ❖ Commande marche
- ❖ Commande arrêt
- ❖ Pompe sous tension
- ❖ Reset du default

❖ Autorisation transitoire

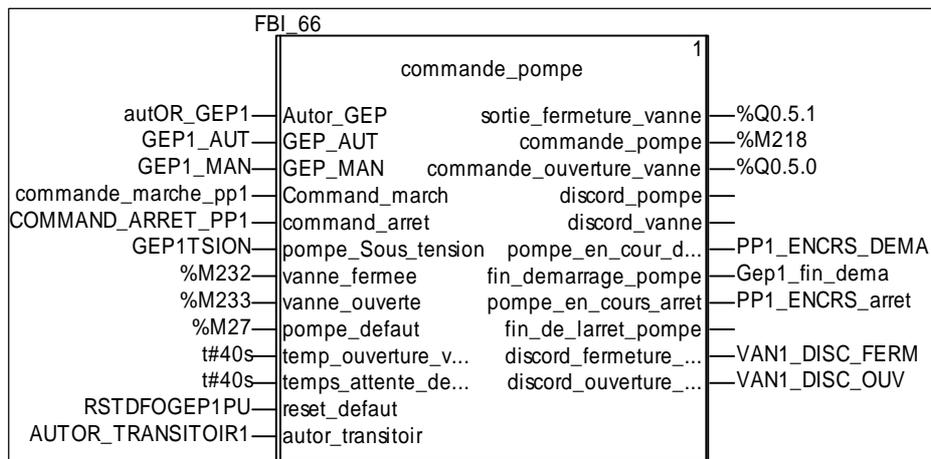


Figure 44 le bloc de commande de la pompe

Remarque : Ce bloc est réalisé pour les deux autres pompes.

4.2.2 Application à l'aide de Vigéo Designer

Cette partie contient les dix cibles afin de montrer le fonctionnement de notre station.

- ❖ Une cible qui montre la station de pompage
- ❖ 3 Cibles qui contiennent le groupe électropompe 1 2 et 3 sa durée de marche en (h,m,s)
- ❖ Une cible qui contient le bilan électrique
- ❖ Une cible qui contient la cible du bilan hydraulique
- ❖ Une cible du menu
- ❖ Une cible de la page des alarmes
- ❖ Une cible qui montre les outils utilisés

4.3 Conclusion

Ce chapitre nous a permis de connaître et de maîtriser les principaux éléments élémentaires pour l'automatisation efficace et opérationnelle de la station de pompage utilisée dans ce présent mémoire.

Chapitre 5 : Analyse des conditions de travail dans la station de pompage

5.1 Introduction :

L'accident de travail n'est jamais le fait d'un hasard ou de la fatalité. Les enquêtes effectuées après les accidents font toujours apparaître une multitude de causes qui s'ajoutent les unes aux autres pour provoquer et aggraver l'accident.

Les causes sont la somme des différents éléments ou facteurs classes. En deux catégories distincts : facteurs matériels et facteurs humains.

Le facteur matériel concerne les conditions dangereuses susceptibles d'évoluer au cours du travail. Les causes des accidents d'origine matérielle proviennent soit :

- ❖ de la profession en général et du poste de travail en particulier.
- ❖ de la nature et de la forme des matériaux utilisés,
- ❖ des outils et des machines utilisées : implantation, entretien ...
- ❖ de l'exécution du travail, difficulté particulière du lieu de travail, éclairage, conditions climatiques.
- ❖ des conditions d'hygiène et de sécurité, ventilation et protection.

Par opposition aux conduites dangereuses techniquement et particulièrement décelable, les actions dangereuses décelables, les actions dangereuses sont imputables au facteur humain et nécessitent parfois l'intervention de psychologues avertis.

Certaines actions dangereuses sont des réactions psychiques difficilement prévisibles car chaque être humain est un cas particulier qui réagit différemment selon les circonstances ou selon son humeur personnelle

5.2 Conditions dangereuses dans une station de pompage

CD1 installation non protégée (exemple absence de carters sur lames et volants des scies à rubans...)

CD2 installation non protégée.

CD3 protection individuelle inexistante (exemple : absence de tabouret isolé dans un cabinet haute tension).

CD4 outillages, engin, équipement, en mauvais état (exemple échelle dont les barreaux cassés ont été remplacé par des planches clouées).

CD5 défaut dans la conception, dans la construction, (exemple : installation électrique en fil souple).

CD6 matière défectueuse.

Exemple : nœud dans une planche à toupiller

CD7 stockage irrationnel. (Exemple : empilage des couronnes de fil machine sur une grande hauteur).

CD8 mauvaise disposition des lieux. (Exemple : escalier trop étroit).

CD9 éclairage défectueux

Exemple : éclairage individuel du poste de travail sans éclairage général.

CD10 facteurs d'ambiance impropre. (Exemple : vapeurs dans les blanchisseries).

CD11 conditions climatiques défavorables. (Exemple : pose d'une antenne de télévision sur un toit givré).

5.2.1 Actions dangereuses :

- ❖ **Action dangereuse 1** : intervenir sans précautions sur les machines en mouvements
exemple : **Graisser en marche**

- ❖ **Action dangereuse 2** : intervenir sans précaution sur des installations sous tension, sous pression ou contenant des substances inflammables ou toxiques.
(Exemple : ramassage d'un outil à proximité d'un conducteur sous tension).

- ❖ **Action dangereuse 3**: agir sans prévenir ou sans autorisation. (Exemple : pénétrer dans un silo sans avertir).

- ❖ **Action dangereuse 4:** neutraliser la disposition de sécurité. (Exemple : travaux d'entretien dans un malaxeur sans cadenasser l'interrupteur).
- ❖ **Action dangereuse 5 :** ne pas utiliser l'équipement de protection individuelle (exemple : meuler sans lunettes).
- ❖ **Action dangereuse 6:** mauvaise utilisation d'un outillage ou d'un engin, (exemple : tirer un wagonnet au lieu de le pousser).
- ❖ **Action dangereuse 7:** imprudence durant les opérations de stockage et manutention.
- ❖ **Action dangereuse 8:** adopter une position peu sûre. (Exemple : transport du personnel sur la plateforme d'un camion chargé de gros matériels.
- ❖ **Action dangereuse 9 :** travailler dans une altitude inappropriée, (Exemple : utiliser une caisse pour atteindre un objet hors de portée).
- ❖ **Action dangereuse10 :** suivre un rythme de travail inadapté (Exemple : cadence de travail rapide).
- ❖ **Action dangereuse11:** plaisanter ou se quereller devant les équipements de la station surtout en marche.

5.3 Etude et enquête d'un accident

5.3.1 Etude d'un accident

Dans un accident de travail on fera sans doute mieux de connaître les causes réelles des accidents. En passant entre deux rangées d'une machine espacée, un ouvrier peut glisser sur une ou un ensemble de tiges filetées, et écrous fixes au bout de broches alésées (horizontales). Malgré l'arrêt immédiat, l'ouvrier a un bras fracturé ainsi que des contusions multiples sur le corps. L'enquête établie à la suite de cet accident permet de déceler les éléments matériels et humains suivants :

Éléments matériels :

- ❖ Mauvaise implantation des machines.
- ❖ Absence de protection des pièces en mouvements.
- ❖ Présence d'une tache d'huile.

Éléments humains :

- ❖ Négligence.
- ❖ imprudence.

Négligence :

S'étend à chaque membre de l'entreprise ou se produit l'accident pour les raisons suivantes :

- ❖ l'employeur ou son représentant a donné son accord pour la mauvaise implantation des machines.

Le défaut de protection des parties mobiles de la machine actuelle.

- ❖ les cadres et les ingénieurs ont contrôlé les plans d'implantation des machines et n'ont rien remarqué.
- ❖ Le chef d'équipe n'a pas signalé la fuite d'huile etc.
- ❖ le personnel chargé de l'entretien du matériel est lui aussi responsable dans la mesure où il y a provoqué la tache d'huile en ne réparant pas l'organe défectueux.

- ❖ le comité d'hygiène et de sécurité aurait dû intervenir auprès de la maîtrise, cadres ou responsables pour signaler les dangers.

Les ouvriers travaillant sous les machines devraient prévenir le responsable en cas de fuite d'huile par exemple.

Rapport d'un accident

Le rapport a pour double but de permettre au responsable de s'exprimer et de l'inciter à étudier des mesures pour éviter le retour d'accidents similaires.

Le rapport comportera six points importants :

- ❖ identification de la victime et les caractéristiques de son activité, (nom, prénom, lieu de travail)
- ❖ circonstances de l'accident :
- ❖ date, heure, emplacement exacte de l'accident
- ❖ récit de l'accident :
- ❖ cause de l'accident :

L'avis du responsable hiérarchique doit être aussi franc que possible, il ne s'agit ni de sanctionner ni de féliciter.

- ❖ Améliorations proposées aux responsables de la station de pompage pour éviter les actions et gestes dangereux.

a. Conditions de travail particulièrement dangereuses

▪ Station de pompage et ouvrages hydrauliques

Des risques nouveaux apparaissent chaque jour au fur et à mesure de la réalisation des stations de pompage ou des ouvrages hydrauliques. L'organisation méthodique au travail est en effet très réglementée car ceci est dû aux imprudences que l'on peut déceler à l'origine de beaucoup d'accidents.

▪ Les échafaudages

Tout technicien sait qu'un échafaudage volant doit être suspendu solidement en trois points fixes de la station de pompage s'il a plus de trois mètres de long. En aucun cas, il ne peut dépasser huit mètres.

▪ Les échelles

Les échelles doivent être bien entretenues et en très bon état. Éviter toutes installations pouvant causer un danger pour l'ouvrier.

b. Le danger présenté par le courant électrique

Les courants électriques prédisposent deux dangers différents à savoir : Électrocution et incendie. L'électrocution est due au passage d'un courant à travers le corps humain, principalement lorsque le courant électrique traverse la région du cœur. Il s'agit généralement de main à pied ou de main à main.

Le danger d'électrocution est proportionnel à l'intensité du courant et sa durée du passage à travers le corps.

La prévention des accidents électriques consiste donc à éviter ou limiter l'intensité du courant électrique susceptible de causer des dégâts humains. Les brûlures peuvent être causées par un accident de travail et sont d'origine thermique, électrique ou provoquées par des agents caustiques.

- ❖ **Origine thermique** : les brûlures sont provoquées par exemple par le contact avec les corps chauds (tuyauterie, échappement,).

- ❖ **Origine électrique** : dans ce cas, les brûlures sont dues à la défectuosité des appareils et des installations, à l'ignorance, à l'inattention ou l'imprudence des utilisateurs.

c. Mesures préventives contre les accidents de travail

Pour assurer la sécurité des travailleurs, il est nécessaire de faire appel au code du travail et aux textes réglementaires qui régissent ce volet. Le matériel et les installations de toutes natures, les appareilles ou dispositifs de protection, les câbles, codages et chaines, les appareils de levage ou de manutention de tout autre engin utilisés sur un chantier doivent être maintenus en bon état. (Article N°3 du code de travail).

- **La stabilité des appareils de levage nus**

Les voies de roulement sur les quelles circulent les roues doivent être dressées, nivelés afin de demeurer horizontales.

Sur tout appareil de levage nu mécaniquement, il doit être opposé en permanence auprès du conducteur tenu notamment de l'importance et de la position du contrepoids, de l'orientation et de l'inclinaison de la flèche de la charge levée en fonction de la portée et de la vitesse du vent compatible avec la stabilité. Lorsqu' il s'agit d'un appareil qui n'a pas été construit par le chef d'établissement les indications sur les plaques dont l'opposition à l'alignement précèdent doit être conforme aux renseignements fournis par le conducteur. (Art 27 du code de travail).

5.4 conclusion

L'élaboration des textes, leur adaptation aux réalités et leur application constituent l'une des tâches fondamentales de l'administration de travail, puisque il s'agit de la protection de la santé des travailleurs. Pour aboutir à des résultats réels d'amélioration des conditions de travail, le diagnostic peut exiger parfois des études ou des recherches importantes, mais dans de nombreux cas des études relatives simples peuvent être suffisantes pour aménager une situation de travail ; l'analyse doit non seulement être accompagnée d'entretiens avec les travailleurs mais doit également leur rendre compte en retour du diagnostic général et des mesures d'amélioration des conditions de travail.

Conclusion générale

L'objectif recherché à travers l'élaboration de cette thèse est la maîtrise des étapes et des processus de réalisation d'une solution de commande d'une station de pompage d'eau potable. Les différentes étapes traversées pour la réalisation de ce mémoire, tout ce temps passé et toutes les recherches réalisées m'ont permis :

- ❖ D'être à l'écoute des encadreurs que ce soit au milieu universitaire ou au milieu de l'entreprise Schneider Electric.
- ❖ Développer un sens de l'observation des phénomènes et des simulations dans la programmation.
- ❖ Visualiser les techniques de pointe et espérer les développer plus dans le milieu opérationnel.

Ce mémoire m'a permis d'approfondir mes connaissances intellectuelles , conceptuelles et m'a permis aussi de développer ma capacité technique de travail dans la thématique de programmation appliquée à l'industrie, dans l'aspect d'une réalisation d'une logique de fonctionnement d'une station de pompage hydraulique ainsi que les procédures et les différents processus de fonctionnement .

Le stage réalisé m'a permis de concentrer et de réserver la majeure partie de l'étude au côté matérialisation technique et programmation technique de l'automate modicon M340 ainsi que son animation et sa visualisation par le vigéo designer .

En effet, le développement scientifique et l'esprit de recherche et d'innovation a laissé sa trace sur les systèmes de production donnant naissance au Système Automatisé de

Production, qui s'avère être un remède efficace au paradoxe des paramètres coûts-qualités visés généralement par la gestion de production (Optimisation du coût, qualité et délai).
Grace à ce mémoire de fin d'étude , nous avons pu visualiser et comprendre très efficacement le fonctionnement d'une station de pompage qui est en fait une usine très complexe et un ensemble d'équipements, de pièces spéciales et de différents systèmes combinés de façon Intelligente voir innovante pour son optimisation dans la production d'eau au coût le moins élevé .

Le matériel exploité tel que de l'automate MODICON M340 ; l'alimentation, les modules E/S, et les modules de communication (le module, Ethernet,) nous ont permis de nous approcher de la réalité d'une réelle station de pompage fonctionnelle à Kouba .

La programmation de l'automate MODICON M340 par son logiciel UNITY PRO XL avait le but de développer la logique de fonctionnement d'un programme jusqu'à sa mise en service. L'interface humain/machine /recherche opérationnelle dans le domaine de l'automatisation des stations de pompage vécu pendant l'élaboration de ce mémoire me permettra à entrevoir d'autres aspects de recherches dans ce volet si déterminant pour l'économie de notre pays.

Bibliographie

- [1] Les stations de pompage 5eme édition Commission distribution de l'eau AGHTM
- [2] Gestion des eaux – automatisation, informatisation, télégestion. F valiron
- [3] Les stations de pompage d'eau- 5 édition - aghm – Edition TEC &DOC- France
- [4] Modicon M340- automation Platform -catalogue Schneider Electric Algérie.
- [5] Modicon M340 sous Unity pro rack et module d'alimentation catalogue Schneider Electric Algérie.
- [6] Documents et revues de la bibliothèque de l'école nationale supérieure de l'hydraulique Ensh - Blida.
- [7] revue architecture des systèmes hydraulique Schneider Electric Algérie.
- [8] Revue automatisation and control machine du groupe télémécanique (Schneider Electric Algérie.)
- [9] Plan national de l'eau -MREE