



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de génie électrique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Electronique
électronique des système embarquée

Réf. :

Présenté et soutenu par :
DRIDI ABDELOUAHAB

Le : dimanche 24 juin 2018

Commande et supervision par API d'une unité d'osmose inverse

Jury :

M.	HEZABRA ADEL	MAA	Université de Biskra	Président
M.	BENELMIR OKBA	MCB	Université de Biskra	Rapporteur
M.	RAHMANI NASREDDINE	MAA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2017 - 2018

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique
Filière : Electronique
Option : électronique des système embarquée

Mémoire de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme:

MASTER

Thème

**Commande et supervision par API
d'une unité d'osmose inverse**

Présenté par :

DRIDI ABDELOUAHAB

Avis favorable de l'encadreur :

BENELMIR OKBA

Avis favorable du Président du Jury

HEZABRA ADEL

Cachet et signature



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique
Filière : Electronique
Option : électronique des système embarquée

Thème :

Commande et supervision par API d'une unité d'osmose inverse

Proposé par : BENELMIR OKBA

Dirigé par : BENELMIR OKBA

RESUMES (Français et Arabe)

Ce travail consiste à l'amélioration du fonctionnement et la mise à niveau du système de commande de l'unité traitement d'eau potable par osmose inverse de la station de pompage N°2 SP2 El-Outaya Biskra qui appartient à la Direction Régionale Bejaia. L'amélioration est basé sur un automate programmable industriel API Siemens S7-300 et le développement d'un programme de contrôle commande adapté à la modification de l'instrumentation et qui gère le cycle de fonctionnement de l'unité. Pour la commande et la supervision du procédé on a utilisé le WINCC HMI afin de faciliter l'entretien, de moderniser l'unité et enfin la supervision à distance.

ملخص

في هذا البحث سنتطرق الى تحديث طريقة استغلال و سير محطة التحلية للماء بطريقة التناضح العكسي لمحطة الضخ رقم 2 الوطنية بسكرة التابعة للمديرية الجهوية بجاية. التحديث يرتكز على حاسوب مبرمج من نوع Siemens S7-300 وبرنامج جديد للتحكم يتوافق مع معدات سير المحطة. من اجل التحكم و المراقبة لهذه العملية إستعملنا WINCC HMI لتسهيل الصيانة و تجديد المعدات و في النهاية مراقبة المعطيات و نقلها الى قاعة المراقبة.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

"وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ
كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ"

صَدَقَ اللَّهُ الْعَظِيمُ

Dédicaces

À mes parents qui ont été la cause de mon existence, à mon père que Dieu ait pitié de lui et à ma mère, le soleil de ma vie, à ma compagne dans cette vie, à mes frères et soeurs, à mes enfants Youcef, Yaakoub, Lina et Sirine et mes amis SAAD.L, DADI Noureddine, Chatti A/kader, Kalla L, Boubekri F, Tibermacine Y...

ABDELOUAHAB.

Remerciements

Louange à « ALLAH Le Tout Puissant» de m'avoir donné le courage ainsi que la force pour mener à bout ce modeste travail.

je souhaiterais adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail, spécialement Mr BOUKHALFA MED NABIL et SELLAM SADAM HOUCINE .

Ce travail a été réalisé, sous la direction de Monsieur **BENELMIR OKBA** qu'il trouve ainsi l'expression de ma profonde reconnaissance, pour ses compétences, ses encouragements et ses précieux conseils durant le déroulement de ce travail.

Enfin je ne pourrais terminer ces remerciements sans une pensée à l'ensemble de mes enseignants, qu'ils trouvent ici, dans ces lignes, l'expression de ma profonde gratitude.

Liste des Tableaux

<i>Tab.I.1.Les caractéristiques des techniques membranaires</i>	<i>14</i>
---	-----------

Liste des Figures

<i>Fig. I.1. Les étapes de traitement d'eau</i>	5
<i>Fig. I.2. La micro-filtration</i>	8
<i>Fig. I.3. L'ultrafiltration</i>	9
<i>Fig. I.4. La nanofiltration</i>	10
<i>Fig. I.5. L'osmose inverse</i>	10
<i>Fig. I.6. Les différentes techniques de filtration</i>	11
<i>Fig. I.7. Polluants éliminés par filtration membranaire</i>	12
<i>Fig. I.8. Comparaison entre l'ultrafiltration et l'osmose inverse</i>	13
<i>Fig. I.9. filtration à membrane</i>	13
<i>Fig. I.10. Principe de fonctionnement de l'osmose inverse</i>	14
<i>Fig. I.11. Représentation d'un module de membrane tubulaire</i>	17
<i>Fig. I.12. Fibre creuse</i>	18
<i>Fig. I.13. Fibre creuse avec son module assemblage</i>	18
<i>Fig. I.14. Coupe d'une membrane à fibre creuse</i>	18
<i>Fig. I.15. Membrane à module plan</i>	19
<i>Fig. I.16. Module spirale</i>	19
<i>Fig. I.17. Module spirale en fonctionnement</i>	20
<i>Fig. I.18. Echelle Ph</i>	22
<i>Fig. II.1. Schéma général d'unité osmose inverse</i>	25
<i>Fig. II.2. Schéma représentant les pompes d'appoint</i>	26
<i>Fig. II.3. Schéma filtre à sable</i>	27
<i>Fig. II.4. Schéma filtre à charbon</i>	28
<i>Fig. II.5. Module OI osmose inverse</i>	28
<i>Fig. II.6. Dépôt des impuretés sur membrane</i>	29
<i>Fig. II.7. Lavage contre courant de filtration</i>	29

<i>Fig. II.8. Groupe moto-pompe.....</i>	<i>30</i>
<i>Fig. III.1. Schéma de OBI HEH – Bejaia</i>	<i>35</i>
<i>Fig. III.2. La ligne sur la mappe d’Algérie (HEH – Bejaia OBI).....</i>	<i>36</i>
<i>Fig. III.3. La station de pompage N°2. (image Google earth).....</i>	<i>37</i>
<i>Fig. III.4. Groupe de surpression eau brute.</i>	<i>39</i>
<i>Fig. III.5. Type de filtres utilisé.photo site SP2.....</i>	<i>39</i>
<i>Fig. III.6 .pompe doseuse.....</i>	<i>40</i>
<i>Fig. III.7. Pompes de dosage.....</i>	<i>42</i>
<i>Fig. III.8.Groupe de surpression eau consommation.</i>	<i>45</i>
<i>Fig III.9. Structure interne d’un API.....</i>	<i>48</i>
<i>Fig III.10. Différents constituants d’un API</i>	<i>51</i>
<i>Fig III.11. Cycle programme automate.....</i>	<i>52</i>
<i>Fig III.12. Adressage entrée/sortie.....</i>	<i>53</i>
<i>Fig III.13. Schéma interne carte de d’entrée digitale.....</i>	<i>53</i>
<i>Fig III.14. Schéma interne carte de sortie digitale.....</i>	<i>54</i>
<i>Fig III.15. Principe de carte d’entrée et de sortie analogique</i>	<i>54</i>
<i>Fig III.16. Interface de simulation PLCSIM.....</i>	<i>55</i>
<i>FIG III.17. Protocol Modbus RTU</i>	<i>57</i>
<i>Fig III.18. Carte serie DeltaV Emerson(photo site).....</i>	<i>57</i>
<i>Fig III.19. Connection passive sans résistance de terminaison pour l’automate escl.....</i>	<i>58</i>
<i>Fig III.20. Connection avec résistance de terminaison.....</i>	<i>59</i>
<i>Fig IV.1. liaison automate S7-300 et HMI.....</i>	<i>63</i>
<i>Fig IV.2. Unité à un arrêt normal.....</i>	<i>66</i>
<i>Fig IV.3.Unité en marche.....</i>	<i>66</i>
<i>Fig IV.4. Cycle de nettoyage filtres à sable et à charbon.....</i>	<i>67</i>
<i>Fig IV.5. Schéma alarme arrêt d’urgence.....</i>	<i>68</i>

<i>Fig IV.6. Bac eau perméat de consommation avec la pompe d'appoint en marche.....</i>	<i>68</i>
<i>Fig IV.7. Alarme niveau très haut bac consommation.....</i>	<i>69</i>
<i>Fig IV.8. Page d'alarme représentant des alarmes niveaux haut et très haut bac conso...70</i>	<i>70</i>
<i>Fig IV.9. Alarme niveau très bas bac consommation.....</i>	<i>71</i>
<i>Fig IV.10. Page d'alarme niveau bas et très bas bac de consommation.....</i>	<i>72</i>
<i>Fig IV.11. Fonctionnement normal du bac eau brute.....</i>	<i>72</i>
<i>Fig IV.12. Alarme niveau très haut bac eau brute.....</i>	<i>74</i>
<i>Fig IV.13. Page d'alarme niveau haut et très haut bac eau brute.....</i>	<i>75</i>
<i>Fig IV.14. Alarme niveau très bas bac eau brute.....</i>	<i>76</i>
<i>Fig IV.15. Page d'alarme niveau bas et très bas bac eau brute.....</i>	<i>78</i>
<i>Fig IV.16. Défaut au niveau des pompes doseuses.....</i>	<i>78</i>
<i>Fig IV.17. Page d'alarme d'une pompe doseuse avec défaut manque alim.....</i>	<i>79</i>
<i>Fig IV.18. Niveau bas produit au niveau des pompes doseuses.....</i>	<i>80</i>
<i>Fig IV.19. Page d'alarme défaut pompe doseuse niveau bas produit.....</i>	<i>80</i>
<i>Fig IV.20. Bloc osmose inverse avec la pompe HP et BP à l'arrêt.....</i>	<i>81</i>
<i>Fig IV.21. Bloc osmose inverse en fonctionnement.....</i>	<i>81</i>
<i>Fig IV.22. Recyclage eau perméat.....</i>	<i>83</i>
<i>Fig IV.23. Alarme haute conductivité.....</i>	<i>83</i>
<i>Fig IV.24. Vue globale de l'unité avec ces différentes alarmes.....</i>	<i>84</i>

Liste des abréviations

PSI : pound square inch unité de mesure de pression Anglaise

US/cm : micro siemens par centimètres

Ph : Potentiel Hydrogène

OI : Osmose Inverse

HP : Haute Pression

RO : Reverse Osmose

PLC : Programming Logic Controller

SOPEG : Société Pétrolière Et Gazière

OB1 : Oléoduc Brut numéro 1

GEP : Groupe Electro-Pompe

DCS : Distribute Control System (Système de Contrôle Distribué)

API : Automate Programmable Industriel

SPA : Station Pompage Alfa

HEH : Haoud El Hamra

SP1-Bis : Station Pompage N°1 Bis

SPB : Station Pompage Bravo

SP2 : Station Pompage N°2

SPC : Station Pompage Charley

SP3 : Station Pompage N°3

SBM : Station Beni Mansour

IHM : Interface Homme Machine

DEL : Diode Electro-Luminisante

BP : Basse Pression

TOR : Tout Ou Rien

CPU : Central Processor Unity

PC : Personnel Computer

MPI : Multi Point Interface

I : Input (entrée)

Q : Output (sortie)

SCADA : System Control And Data Acquisition

PS : Power Supply

PPM : Particule Par Million

ESD : Emergency Shut Down(arrêt d'urgence)

OB : Organization Block

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I :Les différents procédés de traitement d'eau	
I.1. Introduction.....	4
I.2. Procédés de traitement.....	5
I.2.1.Chaine élémentaire de traitement d'eau.....	5
I.2.2. Procédés physiques et physico-chimiques.....	5
I.2.2.1. Dérillage et tamisage.....	5
I.2.2.2. Préoxydation.....	5
I.2.2.3. Clarification.....	6
I.2.1.4. Désinfection/Oxydation.....	6
a) Chloration.....	6
b) Ozonisation.....	6
c) Lumière ultraviolette.....	7
d) Distillation.....	7
e)Déionisation.....	7
I.2.2.5. Procédés biologiques.....	7
I.2.2.6. La filtration membranaires.....	7
I.3. Procédés membranaires.....	7
I.3.1. La microfiltration.....	8
I.3.2. L'ultrafiltration.....	8
I.3.3. La nanofiltration.....	9
I.3.4. L'osmose inverse.....	10
I.4. L'osmose inverse.....	12
I.4.1. Définition de l'osmose et l'omose inverse.....	12
I.4.2. Principe de l'osmose inverse.....	13
I.4.3. La pression osmotique.....	14
I.5. Membranes/membranes semi-sélective.....	15
I.5.1. Performances des membranes.....	15
I.5.1.1. Perméabilité.....	15
I.5.1.2. Résistance.....	15

I.5.1.3. Durée de vie.....	15
I.5.1.4. Taux de conversion.....	16
I.5.1.5. Sélectivité.....	16
I.5.1.6. Structure(morphologie).....	16
I.5.1.7. Constitution et assemblage en modules	16
I.5.1.8. Les modules.....	16
a) Les modules tubulaires.....	16
b) Les modules fibres creuses.....	17
c) Les modules plans.....	19
d) Les modules spiraux.....	19
I.6. La conductivité.....	20
I.6.1. Définition	20
I.6.2. L'effet de la température sur la conductivité.....	21
I.7. Potentiel d'hydrogène Ph	22
I.7.1. Définition.....	22
I.8. Conclusion.....	22
Chapitre II : procédé d'une unité de traitement d'eau d'osmose inverse OI	
II.1. Introduction.....	24
II.2. Principe du procédé d'osmose inverse.....	25
II.2.1. Réservoir d'eau brute.....	25
II.2.2. Pompe d'appoint.....	26
II.2.3. Filtre à sable.....	26
II.2.4. Filtre à charbon.....	27
II.2.5. Le module osmose inverse.....	28
II.2.6. Cycle de nettoyage(décolmatage et lavage).....	29
a) Décolmatage et lavage filtres	29
b) Décolmatage et lavage de la membrane.....	29
II.2.7. Réservoir de stockage.....	29
II.2.8. Pompes de distribution.....	30
II.3. Le cycle ordinaire.....	30
II.4. Arrêt de l'unité.....	31
II.5. Le cycle lavage des filtres.....	31
II.6. Conclusion.....	32

Chapitre III : l'unité d'osmose inverse OI SP2 El-Outaya Biskra

III.1. Introduction.....	34
III.2. Présentation de ligne Oléoduc Béjaia N°1(OB1).....	35
III.3. Description du fonctionnement de l'unité d'osmose inverse SP2.....	37
III.3.1. Groupe de surpression eau brute.....	38
III.3.2. Filtration.....	39
a) Filtre à sable.....	40
b)Filtre à charbon(déchloration).....	40
III.3.3. Définition pompe dosage.....	40
III.3.3.1. Structure et fonctionnement.....	41
a)Composants principaux.....	41
b)Principe de fonctionnement.....	41
c) Débit de refoulement.....	41
d)Fonction<<stop>>.....	42
III.3.4. Différent rôles des pompes de dosage.....	42
III.3.4.1. Le pré et post traitement de l'eau.....	42
a) Poste préchloration.....	42
b) Poste de dosage d'acide.....	43
c) Poste de dosage anti-scalant	43
d) Post traitement.....	44
e) Poste de préchloration.....	44
f) Poste de correction de Ph.....	44
III.3.5. Groupe de surpression(eau de consommation).....	44
III.3.6. Pompe HP.....	45
III.3.7. Pompe BP.....	45
III.4. Historique des API.....	46
III.4.1. Généralités sur les automates programmables.....	46
III.4.2. Définition API.....	47
III.4.3. Rôle d'un API.....	47
III.4.4. Structure d'un système automatisé.....	47
a)Partie opérative.....	47
b)Partie commande.....	48
c)Poste de contrôle.....	48
III.4.5. Les avantages et les inconvénients des API.....	48

III.4.6. Domaines d'emploi des automates.....	49
III.4.7. Nature des informations traités par l'automate.....	49
III.4.8. Les langages de programmation.....	50
III.5. Systèmes automatisation SIMATIC S7-300.....	50
III.5.1. Logiciel de programmation STEP7.....	51
III.5.2. Traitement du programme automate.....	51
III.5.3. Mode d'adressage entrée/sortie.....	52
III.5.4. Cartes d'entrées digitale.....	53
III.5.5. Cartes de sortie digitale.....	53
III.5.6. Les cartes entrées/sorties analogiques.....	54
III.5.7. Interface PLCSIM.....	54
III.5.8. Description du WINCC Flexible.....	55
III.5.9. Interface MPI.....	56
III.6. DELTA V.....	57
III.7. Protocol modbus.....	57
III.7.1. Fonctionnement.....	58
III.8. PROFIBUS DP (périphérie décentralisée).....	58
III.8.1. Directives d'installation d'un réseau PROFIBUS.....	58
III.9. Modules de conversion PKV 20-DPM où PKV 20-PB.....	59
III.10. Conclusion.....	60
Chapitre IV : programmation et simulation avec WINCC flexible de l'unité d'osmose inverse	
IV.1. Introduction.....	62
IV.2. Unité centrale de traitement(CPU).....	63
IV.3. Les modules Entrées/Sorties.....	63
IV.4. Les instruments utilisés.....	63
- Pressostat.....	64
- Manomètres.....	64
- Conductivité-mètre.....	64
- Thermostat.....	64
- Débitmètre.....	64
IV.5. Grafset du fonctionnement unité.....	65
IV.6. Programmation et Pages graphiques avec WINCC flexible.....	66
IV.7. Cycle de nettoyage filtre à sable et à charbon.....	68

IV.8. Arrêt d'urgence unité.....	68
IV.9. Les différentes conditions d'arrêt de l'unité.....	70
IV.10. Cycle de recyclage eau perméat.....	82
IV.11. Conclusion.....	85
Conclusion générale.....	86
Références bibliographiques.....	87
Annexe A.....	91
Annexe B.....	97

Introduction générale

L'automatisation des procédés industrielle c'est avéré primordiale dans tous les secteurs puisqu' elle offre un nombre important d'avantages que ce soit son adaptation et sa flexibilité dans un grand nombre opérations complexes.

Dans cette course de technologie Sonatrach et spécialement sa Direction Régionale Bejaia suit les innovations technologique avec beaucoup d'intérêt et ne cesse de promouvoir ces installations, c'est dans ce contexte que la station de pompage N°2 (SP2) cherche à adopter cette solution avec des nouvelles technologies (DCS, SCADA) dans le but de faciliter la supervision et la maintenance de ces équipements. Comme l'eau et sa qualité sont des éléments vitaux à la survie de l'être humain et améliore son bien-être.

Ce travail a pour but de faciliter la compréhension des systèmes de traitement d'eau et les techniques les plus utilisées comme la technique d'osmose inverse et d'ouvrir une petite perspective sur le domaine des automates programmables industriels. Notre mémoire va donc dans le sens de l'automatisation de l'unité de traitement d'eau par osmose inverse au moyen d'un automate du type Siemens S300 et cela les raisons suivantes :

- 1- La flexibilité du système.
- 2- La supervision détaillée du processus.
- 3- Possibilité d'extension de l'installation.
- 4- La facilité de maintenance.
- 5- Gain de temps dans les interventions de dépannage.

Ce travail est organisé en plusieurs chapitres, chaque chapitre est dédié à une description bien détaillée pour faciliter la compréhension de cette unité afin qu'elle puisse être utile dans des projets futurs.

Dans le premier chapitre : Les différents procédés de traitement d'eau.

Dans le deuxième chapitre : Procédé d'une unité de traitement d'eau d'osmose inverse OI.

Dans le troisième chapitre : L'unité d'osmose inverse SP2 El-Outaya Biskra et l'API

Dans le quatrième chapitre : Programmation et simulation avec WINCC flexible de l'unité d'osmose inverse.

Chapitre I

Les différents procédés de traitement d'eau

Les différents procédés de traitement d'eau

I.1. Introduction

L'eau subit plusieurs traitements avant d'être distribuée dans les circuits d'eau potable. Le traitement d'une eau brute après son captage dépend de sa qualité et de ses constituants, critères qui varient dans le temps.

L'eau puisée dans l'environnement doit donc être analysée en continu avant de subir le traitement de potabilisation approprié.

Le traitement de l'eau regroupe l'ensemble des techniques et méthodes permettant d'obtenir une eau dite potable à partir d'eau non propre à la consommation. La qualité d'une eau purifiée est fonction de sa conductivité électrique. Il y a plusieurs techniques de purification de l'eau de la filtration, décantation et par traitement chimique.

I.2. Procédés de traitement

I.2.1. Chaîne élémentaire de traitement d'eau

Le principal objectif d'une station de production d'eau potable est de fournir un produit qui satisfait à un ensemble de normes de qualité à un prix raisonnable pour le consommateur. Nous allons présenter les caractéristiques générales d'une usine de production d'eau potable, la plus complète et la plus courante, tout en détaillant plus spécifiquement le procédé sur lequel porte notre étude. [1]

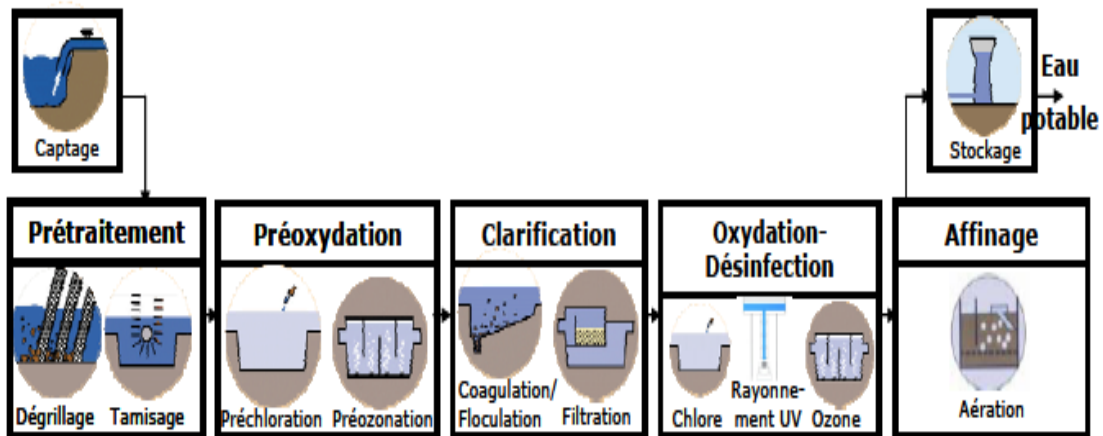


Fig. I.1. Les étapes de traitement d'eau [1].

I.2.2. Procédés physiques et physico-chimiques

Ils comportent des traitements à large spectre d'action tels que prétraitement, préoxydation, clarification, désinfection et affinage leur objectif est la séparation des particules solides, des huiles, des acides gras...ext [1].

I.2.2.1. Dégrillage et tamisage

Le passage de l'eau captée à travers des grilles et tamis élimine les plus gros débris.

I.2.2.2. Préoxydation

S'il y a de l'ammoniaque, du fer ou du manganèse en solution, la préoxydation facilite leur élimination lors de la phase de clarification. Cette étape de préoxydation peut se faire avec du chlore ou de l'ozone et généralement et pour des raisons économiques on trouve souvent l'utilisation du chlore [1].

I.2.2.3. Clarification

La clarification regroupe les différentes techniques coagulation-floculation, décantation et filtration afin d'éliminer les matières minérale et organique indésirable.

En présence de produits coagulants et floculants, les particules en suspension dans les eaux s'agrègent en flocons. Le poids de ces flocons provoque la sédimentation des particules au fond des bassins de décantation. La filtration finale à travers des filtres minéraux (sable) où des membranes permet de produire une eau limpide débarrassée de ses particules.

I.2.2.4. Désinfection/Oxydation

Le principe consiste à mettre en contact un désinfectant avec une eau supposée infecte pendant un certain temps c'est le facteur ($\text{mg} \cdot \text{min}/\text{L}$).

Les bactéries et virus pathogènes qui demeurent dans l'eau sont éliminés lors de l'étape de désinfection. On utilise pour cela du chlore, de l'ozone ou des ultraviolets.

Les principaux éléments désinfectants sont [1] :

a) Chloration

Du chlore désinfectant est ajouté à plusieurs étapes de traitement d'eau. Le chlore tue les pathogènes efficacement.

Une petite quantité de chlore reste dans l'eau produite pour éviter un développement bactérien plus en aval, dans le réseau d'eau [1].

b) Ozonisation

En y ajoutant de l'ozone, l'eau est désinfectée et la plupart des microbes sont alors tués. Cependant, ce procédé a été associé à la formation de bromate dans l'eau et présente par conséquent un risque pour la santé c'est pourquoi il est de moins en moins utilisé.

c) Lumière ultraviolette

L'eau passe à travers une lumière ultraviolette qui est produite par des lampes ainsi la plupart des contaminants seront éliminés.

d) Distillation

La distillation consiste à chauffer de l'eau jusqu'à l'ébullition, cette vapeur d'eau sera condensée de nouveau, ainsi on aura une eau sans aucun microbe mais ce procédé élimine également les minéraux naturels de l'eau, ce qui lui donne un goût fade et réduit sa valeur nutritive et cette technique est gourmande en énergie.

e) Déionisation

Aussi connue sous l'appellation « déminéralisation », cette méthode utilise les résines d'échange ionique qui se lient aux minéraux et les éliminent par filtrage. Les résultats de ce procédé artificiel sont semblables à ceux de l'eau distillée.

I.2.2.5. Procédés biologiques

Des cultures bactériennes appropriées mises en contact avec l'eau à traiter éliminent certains éléments indésirables.

I.2.2.6. La filtration membranaires

Ce procédé regroupe toutes les techniques de traitement d'eau utilisant des filtres à membranes telles que la microfiltration, l'ultrafiltration, la nanofiltration et l'osmose inverse.

I.3. Procédés membranaires

La perméabilité des membranes a été découverte dès le XVIII^e siècle (Abbé Jean-Antoine Nollet, 1735). Après l'apparition et le développement des membranes asymétriques, les techniques de solvo-transfert (osmose inverse, microfiltration / ultrafiltration, nanofiltration), une membrane asymétrique est une succession de couches de matériaux (de même nature ou différents) associés, possédant une structure asymétrique : une couche fine (d'épaisseur environ 50µm) supportée par une couche plus épaisse (>100µm) [2].

I.3.1. La microfiltration

Utilise les membranes avec des pores de taille comprise entre 0.1 et 10 μm . Les membranes de microfiltration éliminent toutes les bactéries, elle peut être mise en œuvre dans beaucoup de procédés de traitements différents dont les particules ont un diamètre supérieur à 0.1 μm dans le but de les éliminer.

✓ Exemples d'applications de la microfiltration :

- Stérilisation à froid des boissons et des produits pharmaceutiques
- Clarification des jus de fruits, vins et bières
- Séparation des bactéries de l'eau (traitement des eaux usées biologiques)
- Traitement des effluents
- Séparation des émulsions huile/eau
- Prétraitement de l'eau pour une nanofiltration ou une étape d'osmose inverse
- Séparation solide-liquide pour les industries alimentaires et pharmaceutiques

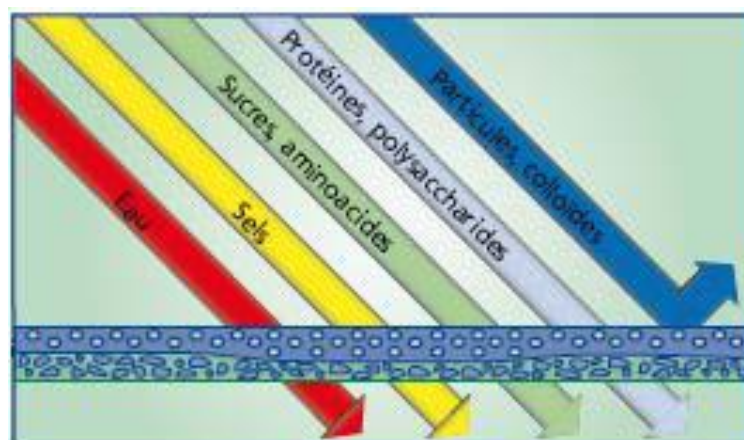


Fig. I.2. La microfiltration [3].

I.3.2. L'ultrafiltration

L'ultrafiltration est un procédé qui se situe entre la nanofiltration et la microfiltration son but est élimination complète des virus, elle peut être aussi comme prétraitement de l'eau avant une nanofiltration ou une étape d'osmose inverse. La taille des pores d'une membrane est de l'ordre de 0.001 à 0.1 μm c'est pourquoi l'ultrafiltration permet d'éliminer des particules de la même taille.

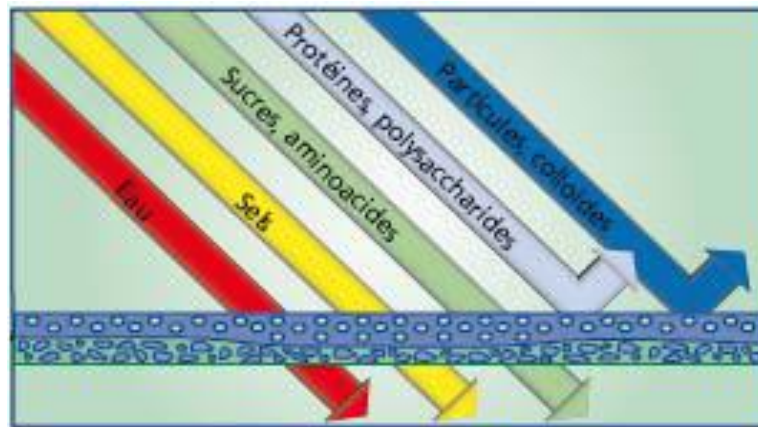


Fig. I.3. L'ultrafiltration [3].

✓ Exemples de domaines où l'ultrafiltration est appliquée :

- L'industrie laitière (lait, fromage)
- L'industrie alimentaire (protéines)
- L'industrie du métal (séparation d'émulsion huile/eau, traitement peinture)
- L'industrie du textile

I.3.3. La nanofiltration

La nanofiltration est un procédé permettant de séparer des molécules en se basant sur leurs tailles et utilisant la pression pour fonctionner. La séparation se fait à travers des membranes de taille avoisinant 10 \AA laissant passer les composants se trouvant dans l'eau de la même taille. Cette technique est principalement utilisée pour l'élimination des substances organiques, telles que les micropolluants, et les ions polyvalents. Les membranes de nanofiltration ont une rétention modérée des sels monovalents.

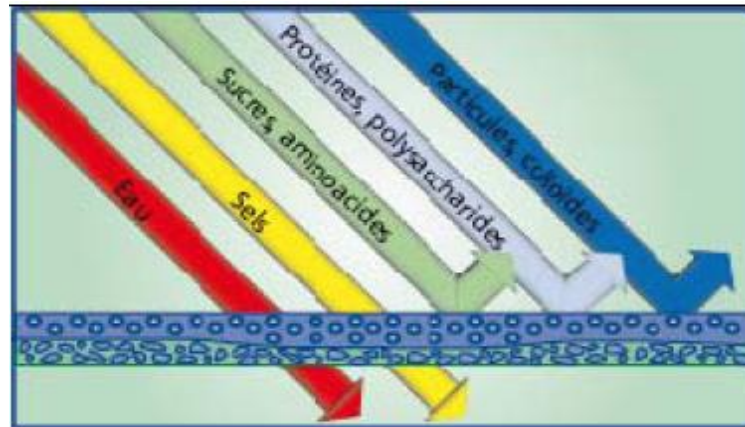


Fig. I.4. La nanofiltration [3].

✓ Autres applications de la nanofiltration :

- Elimination des pesticides des eaux souterraines
- Elimination des métaux lourds des eaux usées
- Recyclage des eaux usées dans les laveriers
- adoucissement
- Elimination des nitrates

I.3.4. L'osmose inverse

L'osmose inverse est une technique qui est principalement utilisée lors de la préparation d'eau potable en éliminant les particules de taille de 1 Å et c'est cette technique qu'on va développer dans ce travail. L'osmose inverse est aussi utilisée pour la production d'eau ultra pure et l'eau d'alimentation de chaudière par exemple à partir d'eau de mer salée et aussi utilisé dans le secteur alimentaire (concentration de jus de fruit, sucre et café) et dans l'industrie laitière (concentration du lait pour la production de fromage).

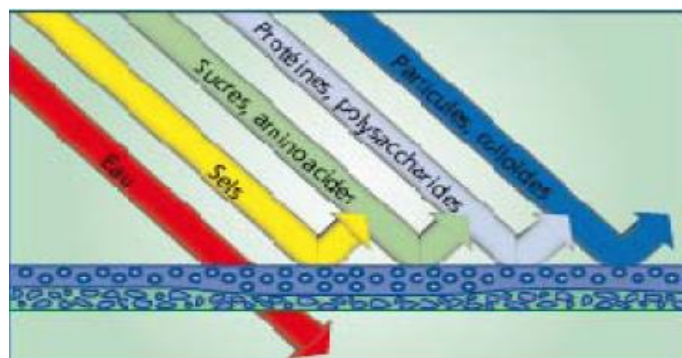


Fig.I.5. L'osmose inverse [3].

✓ En résumé les applications de l'osmose inverse sont:

- l'adoucissement
- La production d'eau potable
- la production d'eau de processus
- La production d'eau ultra pure (industries électroniques)
- Concentration de solvants pour les industries alimentaires

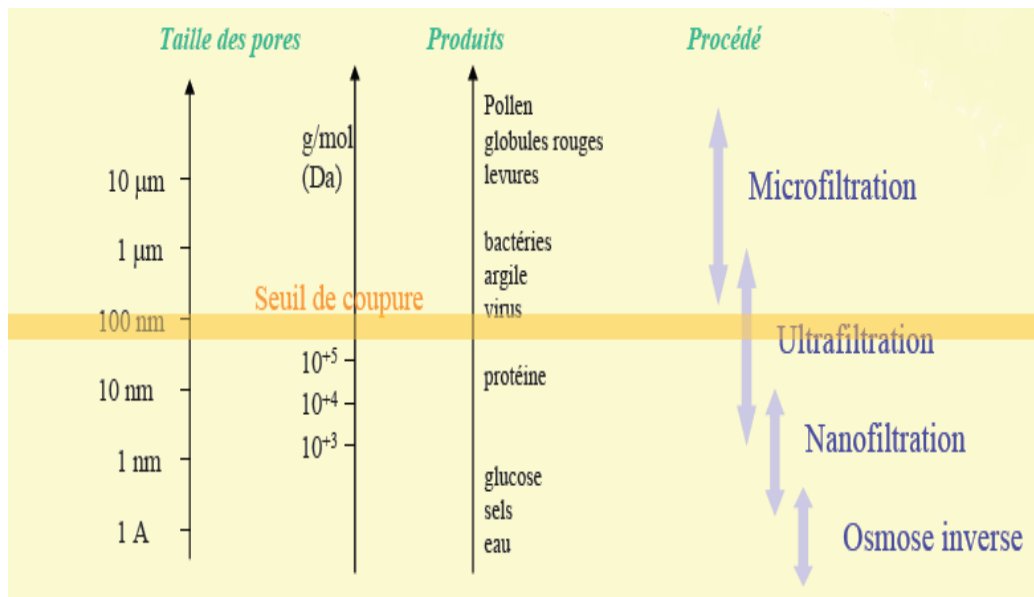


Fig. I.6. Les différentes techniques de filtration [4].

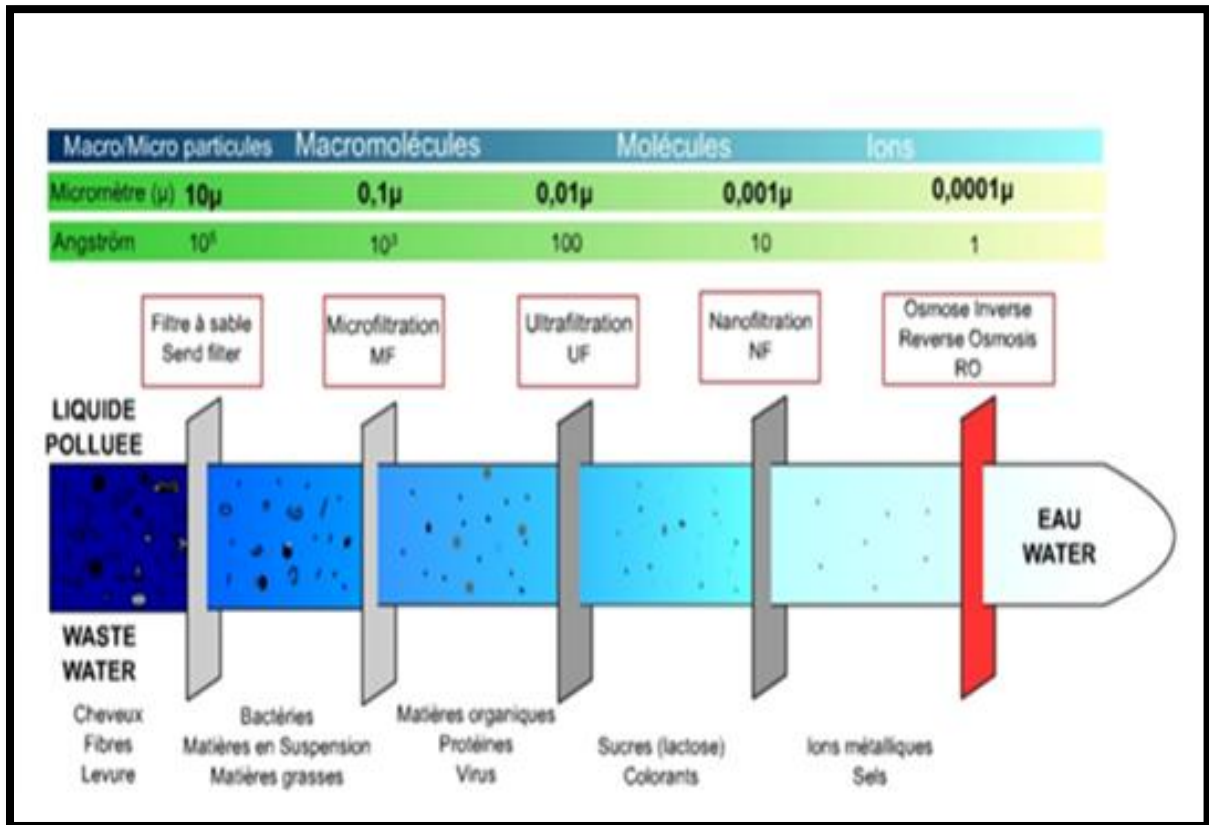


Fig. I.7. Polluants éliminés par filtration membranaire [5].

I.4. L'osmose inverse

I.4.1. Définition de l'osmose et l'osmose inverse

Le phénomène d'osmose est un phénomène qui tend à équilibrer la concentration en solutés de part et d'autre d'une membrane semi-perméable. Le phénomène d'osmose est un phénomène naturel courant, notamment à travers les membranes cellulaires.

La membrane semi-perméable laissera passer le solvant (le soluté ne passe pas) pour équilibrer la concentration. La différence de concentration crée une pression, appelée pression osmotique. Pour inverser le passage du solvant et augmenter la différence de concentration, il faut appliquer une pression supérieure à la pression osmotique.

L'osmose inverse est un procédé de séparation en phase liquide par perméation à travers des membranes semi-sélectives sous l'effet d'un gradient de pression.

L'osmose inverse utilise des membranes denses qui laissent passer l'eau et arrêtent tous les sels.

Cette technique est utilisée pour :

- * Le dessalement des eaux de mer ;
- * Le dessalement des eaux saumâtres ;
- * La production d'eau ultra pure ;
- * La production d'eau de process...etc [4].

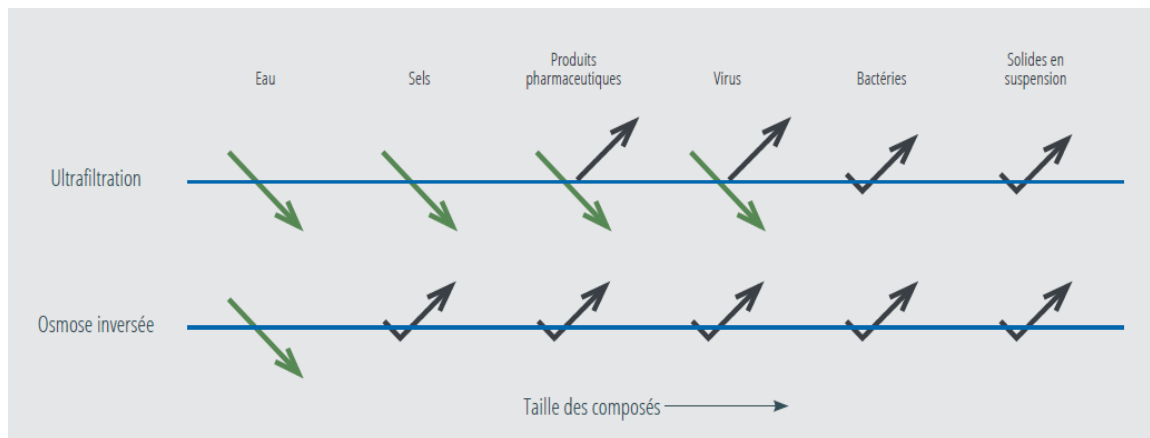


Fig.I.8. Comparaison entre l'ultrafiltration et l'osmose inverse [6].

I.4.2. Principe de l'osmose inverse

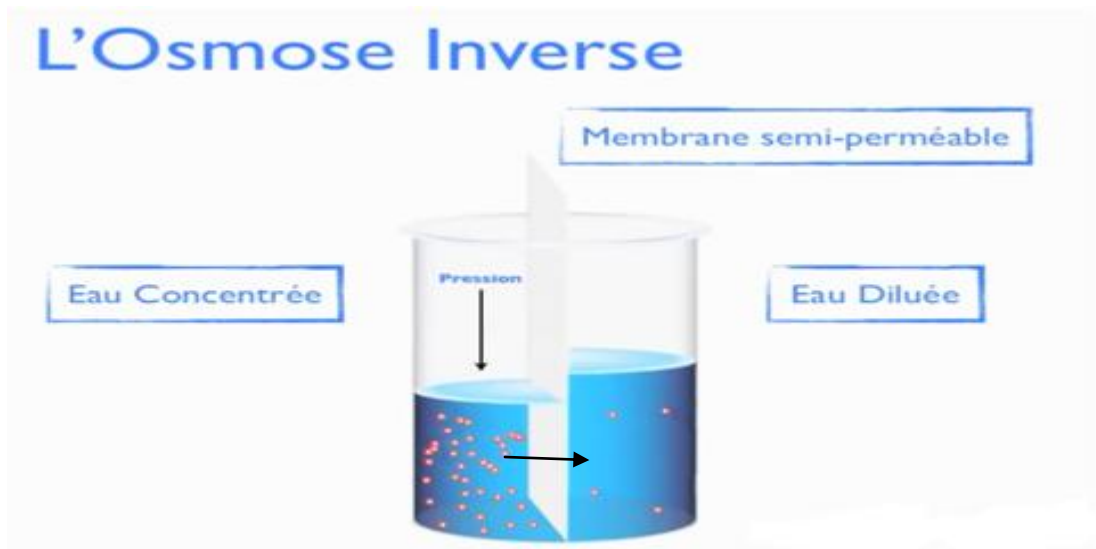


Fig. I.9. Filtration à membrane [7].

Si on applique une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Avec une pression suffisamment forte, le flux d'eau va même s'annuler ; cette pression est nommée la pression osmotique P (en faisant l'hypothèse que la

solution diluée est de l'eau pure). Si on dépasse la valeur de la pression osmotique, on observe un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique ; c'est le phénomène d'osmose inverse.

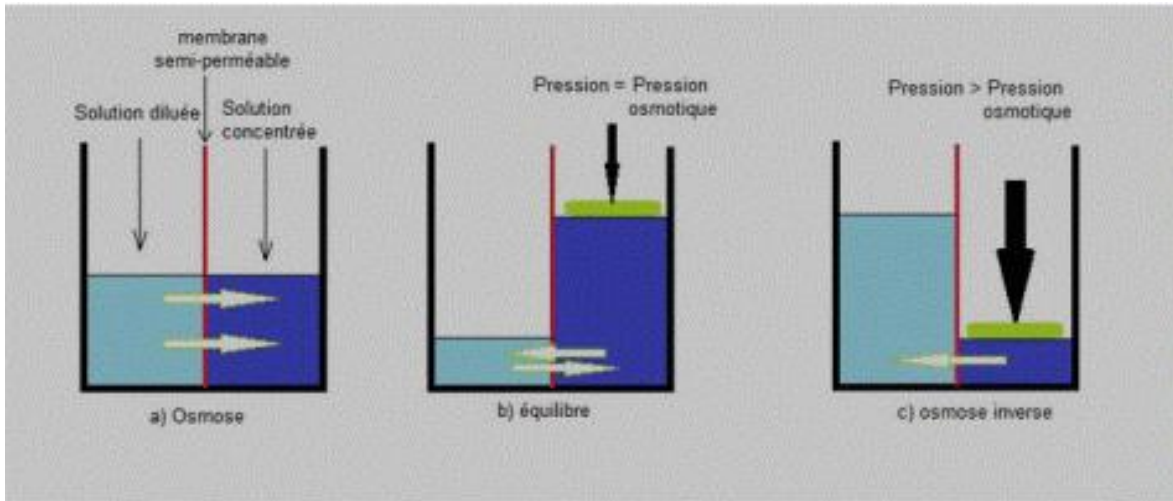


Fig. I.10. Principe de fonctionnement de l'osmose inverse .[26]

I.4.3. La pression osmotique

Si on applique une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Avec une pression suffisamment forte, le flux d'eau va même s'annuler, cette pression est nommée la pression osmotique P (en faisant l'hypothèse que la solution diluée est de l'eau pure). Si on dépasse la valeur de la pression osmotique, on observe un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique, c'est le phénomène d'osmose inverse. Et voici quelques pressions transmembranaires, la quantité de l'eau potable produite et le procédé correspondant.

	Vitesse de perméation (L/h.m ²)	Pression transmembranaire	
		(KPa)	(psi)
Osmose inverse	10 à 15	500 à 7000	70 à 800
Nanofiltration	15 à 35	400 à 1400	60 à 200
Ultrafiltration	20 à 100	100 à 700	15 à 100
Microfiltration	40 à 150	30 à 100	5 à 15

Tab. I.1. Les caractéristiques des techniques membranaires [2].

Avec : 1psi=70mg/cm²=0.0703kg/cm²

Nota: la pression osmotique de l'eau de mer est de l'ordre de 25 bars [2].

I.5. Membranes/membranes semi-sélective

Une membrane semi-sélective est une membrane permettant certains transferts de matières entre deux milieux qu'elle sépare, en interdisant d'autres ou plus généralement en favorisant certains par rapport à d'autres.

Les membranes sont le plus souvent fabriquées en acétate de cellulose où en polymères de synthèse (polyamides, polysulfones). Elles peuvent être planes ou tubulaires (épaisseur de l'ordre de 200 μm) où en fibres creuses obtenues en filant des polymères (diamètre intérieur de 25 à 800 μm et diamètre extérieur de 50 à 1000 μm). Les membranes sont caractérisées par leurs qualités de stabilité chimique (PH, oxydants, dichlore...etc.), de stabilité thermique (important facteur pour les utilisations biologiques où il y a stérilisation en autoclave), de stabilité microbiologique (dégradation bactérienne pour les membranes en acétate de cellulose) et de résistance mécanique. Leur coût intervient dans 40 à 50 % de l'investissement d'une unité d'osmose inverse [3].

I.5.1. Performances des membranes

I.5.1.1. Perméabilité

Elle représente le flux volumique ou massique traversant la membrane par unité de surface membranaire.

I.5.1.2. Résistance

La résistance de la membrane vis-à-vis la pression, la température et les agents chimiques. Nous notons que la sélectivité et la perméabilité dépendent directement de la pression et de la température. Une membrane est utilisée toujours dans les limites bien définies de Pression, Température et Ph. [3].

I.5.1.3. Durée de vie

Chaque membrane a une durée de vie, au-delà de laquelle, la membrane ne sera pas performante (chute de rendement et de performances, dégradation de l'état, usures...).

I.5.1.4. Taux de conversion

Dans le cas des techniques à membrane, l'écoulement du fluide à filtrer peut être continu et tangentiel. La fraction de débit du liquide qui traverse la membrane est appelée taux de conversion de l'opération de séparation.

I.5.1.5. Sélectivité

La sélectivité d'une membrane est, en général, définie par le taux de rejet (appelé aussi taux de rétention) de l'espèce (sel, macromolécule, particule) que la membrane est censée retenir.

I.5.1.6. Structure (morphologie)

- les membranes isotropes qui ont des propriétés structurelles constantes sur toute leur épaisseur.
- les membranes anisotropes ou leur structure composite varie de la surface de la membrane vers l'intérieur [3].

I.5.1.7. Constitution et assemblage en modules

Pour être mises en œuvre les membranes doivent être montées dans des supports appelés modules. Une enceinte résistante à la pression est toujours nécessaire.

I.5.1.8. Les modules

Les modules supportent les membranes, on voici les quatre grands types de modules qui sont commercialisés :

- ✓ Les modules tubulaires
- ✓ Les modules fibres creuses
- ✓ Les modules plans
- ✓ Les modules spiraux

a) Les modules tubulaires

Un module tubulaire contient plusieurs tubes qui peuvent être en série ou en parallèle. L'eau à traiter circule à l'intérieur et le perméat est recueilli à l'extérieur des

tubes. Les tubes constituent des canaux d'écoulement tangentiel. C'est le seul type de module qui peut être nettoyé mécaniquement avec un système de balles de mousse qui raclent les parois des tubes.

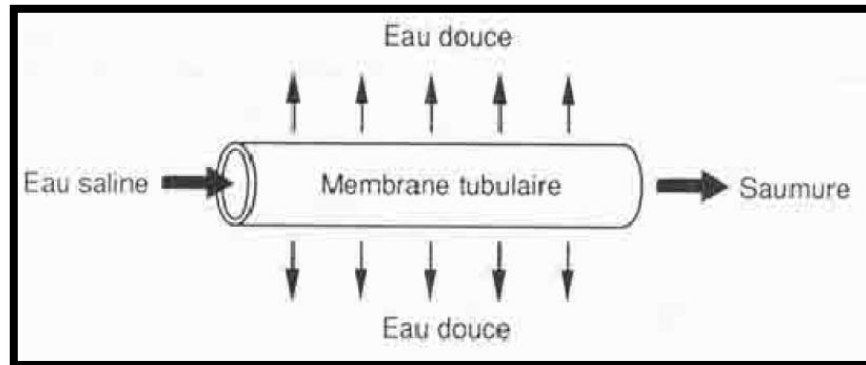


Fig. I.11. Représentation d'un module de membrane tubulaire [3].

b) Les modules fibres creuses

Les fibres creuses sont assemblées en parallèle suivant deux configurations :

- Configuration intérieur à l'extérieur: comme c'est le cas pour les modules tubulaires, l'eau à traiter circule à l'intérieur des fibres et le perméat est récupéré à l'extérieur des fibres.
- Configuration Extérieur à l'intérieur: l'eau circule à l'extérieur des fibres et le perméat est récupéré à l'intérieur des fibres. L'écoulement entre les fibres est libre.

Dans les deux cas, les membranes sont assemblées en faisceaux et leurs extrémités sont noyées dans des bouchons de colle qui isolent le perméat de l'eau à traiter. Un module industriel peut être constitué de dizaines de milliers de fibres. Les fibres creuses supportent des rétros lavages.

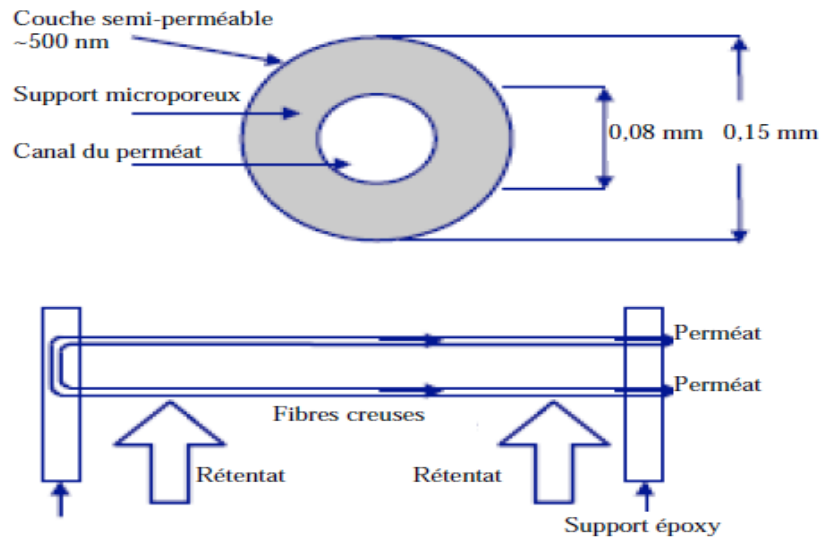


Fig. I.12. Fibre creuse [8].

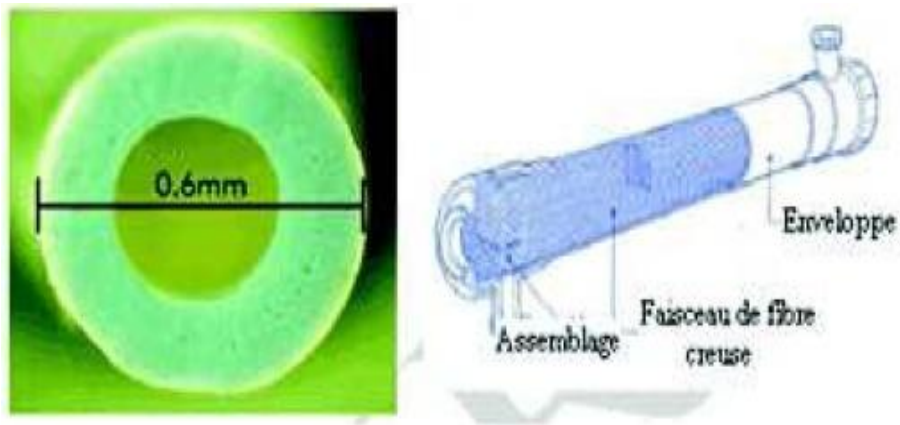


Fig. I.13. Fibre creuse avec son module assemblage [20].

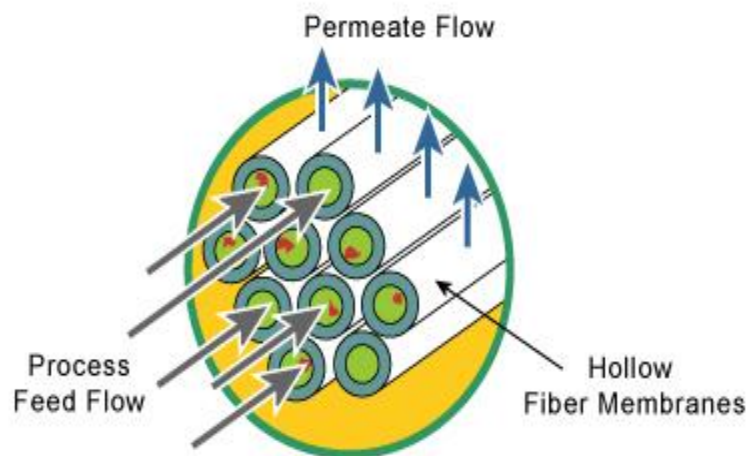


Fig. I.14. Coupe d'une membrane à fibre creuse [3].

c) Les modules plans

Les modules plans sont les plus anciens et les plus simples : les membranes sont empilées en mille-feuilles séparées par des cadres intermédiaires qui assurent la circulation des fluides.

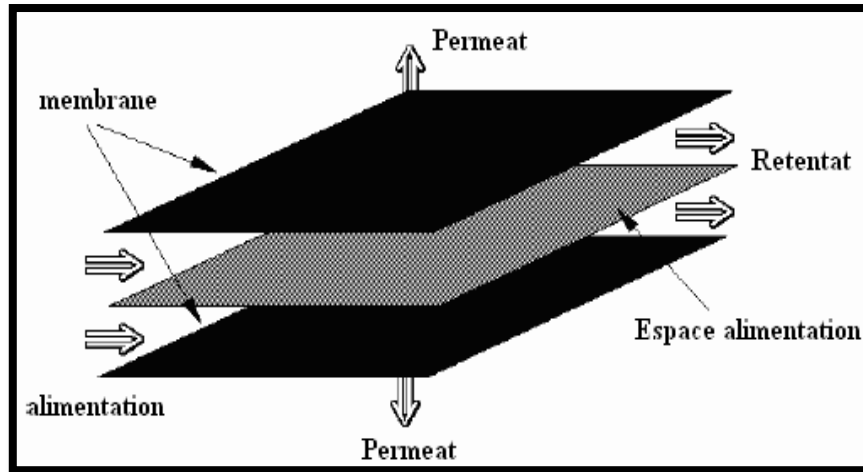


Fig. I.15. Membrane à module plan [3].

d) Les modules spiraux

Au sein des modules spiraux, une membrane plane est enroulée sur elle-même autour d'un tube poreux qui recueille le filtrat. On obtient ainsi un cylindre multicouche où le perméat s'écoule selon un chemin spiralé vers le tube poreux tandis que l'alimentation circule axialement dans les canaux.

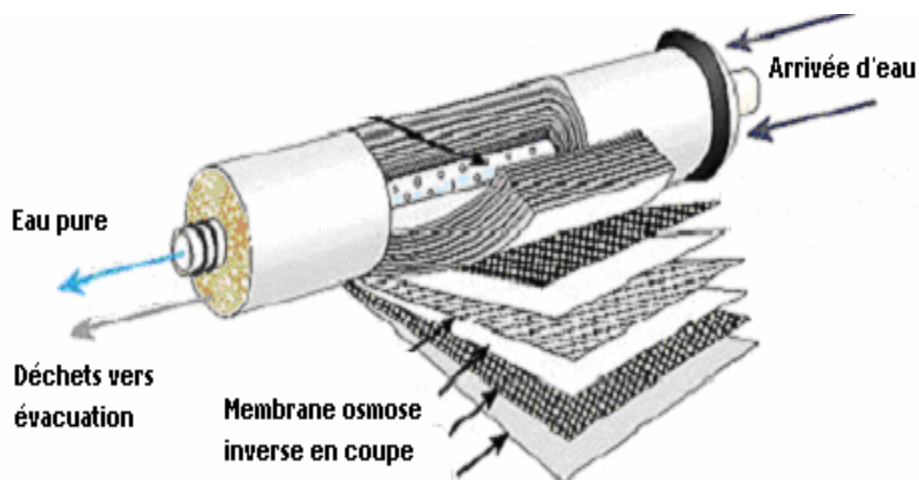


Fig. I.16. Module spirale [8].



Fig. I.17. Module spirale en fonctionnement.[7]

I.6. La conductivité

I.6.1.Définition

Conductivité électrique est l'inverse de la résistance, mesurée dans des conditions spécifiées pour l'examen de la qualité de l'eau. Celle-ci est souvent appelée « conductivité électrique » et peut être utilisée comme mesurage de la concentration des solutés ionisables présents dans l'échantillon. La conductivité est utilisée pour la détermination de quantité de matière dans une solution (nombre de moles dissoutes par litre).

Donc on peut dire que la conductivité électrique d'une eau est la conductance inverse de la résistance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques.

Les applications industrielles de mesure de conductivité sont nombreuses. Elles vont de la simple mesure de salinité jusqu'aux mesures plus complexes en contrôle de qualité et en conduite de processus [26].

✓ **Quelques exemples [26] :**

* Mesure de conductivité de l'eau pure

* Surveillance de la minéralité des eaux pour la blanchisserie

La conductivité électrique est fonction d'un certain nombre de facteurs comme la température, tout en précisant la quantité d'ions en solution. La conductivité d'une solution est proportionnelle à la concentration en sels.

- La conductivité d'une eau s'exprime généralement en « U S /C m ».

I.6.2. L'effet de la température sur la conductivité

La conductivité est aussi proportionnelle à la concentration en minéraux dissous. Cette concentration est extrêmement sensible à la température, il est donc important de mesurer la conductivité à une température de référence, habituellement à 25 °C.

Pour une solution typique, la règle générale serait :

$$C_{25} = C_t ((45/t) + 20) ;$$

C_{25} : la conductivité à 25 °C ;

C_t : la conductivité à t °C ;

Donc la conductivité augmente beaucoup lorsque la température s'accroît, ce phénomène s'explique par le fait que la mobilité des ions augmente à cause de la diminution de la viscosité du milieu. Ceci provoque bien que le transport de courant soit solidaire au transport de matière. [26].

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution.

La directive des communautés européennes relative à la quantité des eaux destinées à la consommation humaine indique pour la conductivité un niveau guide de 400 uS.cm⁻¹ à la température de 20°C.

50 à 400 uS/cm Qualité excellente

400 à 750 uS/cm Bonne qualité

750 à 1500 uS/cm Qualité médiocre mais eau utilisable

> 1500 uS/cm Minéralisation excessive [26].

I.7. Potentiel d'hydrogène Ph

I.7.1. Définition

C'est la concentration des ions d'hydrogène dans une solution qui définit si cette solution est acide ou basique, acide signifie plus de concentration H^+ et basique moins de concentration H^+ l'unité standard de cette mesure est appelé Ph.

Ph (chimie) Symbole du coefficient d'acidité ou d'alcalinité d'une solution si le Ph est à 7, il s'agit d'une solution basique, s'il est inférieur à 7, la solution est acide [media dico], selon l'OMS (2004), le ph d'une eau potable doit être compris entre 6,5 et 8,5 les eaux de Biskra ont un pH compris entre 6,90 et 7,78 et donc avoisinant la neutralité. Dans ce travail et comme il a été mentionné la qualité de l'eau est excèsivement minéralisé avec un Ph acceptable qui peut au fur et à mesure être équilibré [9].

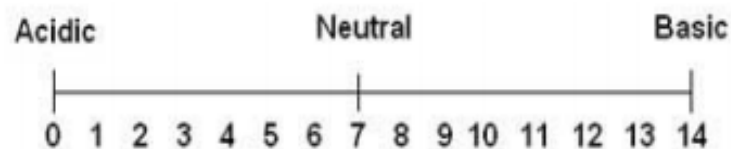


Fig. I.18. Echelle Ph [9].

I.8. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons pu voir les principales méthodes de traitement d'eau et les techniques utilisées, on s'est arrêté sur la technique de l'osmose inverse OI qui sera le maillon fort de ce travail.

Cette technologie efficace, propre et compact qui permet d'obtenir de l'eau de grande qualité à partir des eaux salubres et même d'eau de mer, ce qui permet d'obtenir des flux de perméat raisonnables en fonctionnant à des pressions toujours plus basses, cette eau est dite potable si elle satisfait plusieurs conditions dans celle de la conductivité et le Ph.

Ces paramètres qui sont la conductivité et le Ph jouent un rôle important dans la détermination de la qualité de l'eau une fois produite.

Chapitre II

**Procédé d'une unité de
traitement d'eau d'osmose
inverse OI**

Procédé d'une unité de traitement d'eau d'osmose inverse OI

II.1. Introduction

L'eau est la source de vie, la répartition de l'eau sur terre est comme suit ; les Océans couvrent 71 % de la surface de la terre, le volume d'eau présente sur notre planète est composé de 97.2 % d'eau salée et 2.8 % d'eau douce. Les 2.8 % d'eau douce se répartissent entre les glaciers et les calottes polaires (2.2 %), puis dans les nappes souterraines (0.6 %). Les cours d'eau et les lacs ne représentent qu'une quantité insignifiante (environ 0.01 % Pourcentages du volume total d'eau sur terre). Seulement la moitié de l'eau contenue dans les nappes souterraines est utilisable par l'homme soit 0.3 % de la quantité d'eau présente sur terre.

Avec la croissance démographique et l'épuisement des ressources en eau potable la purification des eaux qu'elles soient saumâtres où saline est devenue indispensable pour la survie de l'être humain c'est pourquoi dans ce chapitre nous allons nous intéresser à la plus importante des techniques de traitement d'eau et la plus répandue, c'est l'osmose inverse [1].

II.2. Principe du procédé d'osmose inverse

Le procédé d'osmose inverse comporte principalement en plus des modules de membranes une source continue d'eau à traiter, une étape d'élimination préalable des plus grosses particules est toujours nécessaire, des pompes d'appoint et de distribution et enfin une pompe haute pression HP.

Les procédés existent en discontinu comme en continu avec dans les deux cas des montages permettant le recyclage des concentrats pour améliorer la séparation.[2]

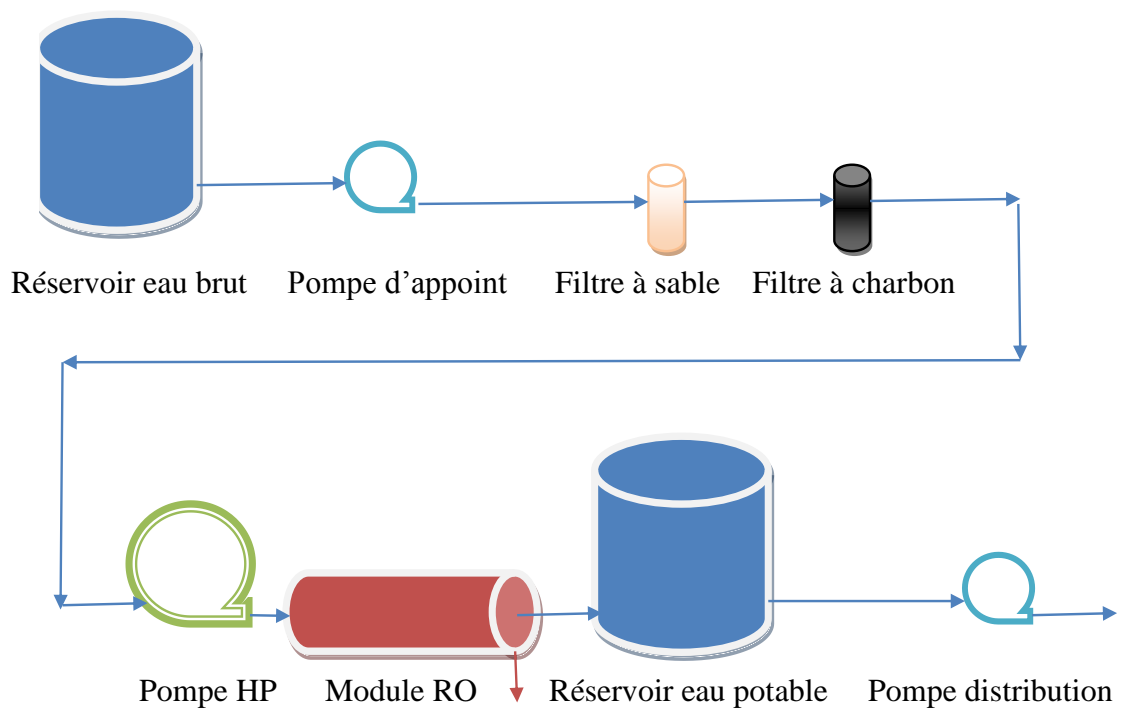


Fig. II.1. Schéma général d'unité osmose inverse.

II.2.1. Réservoir d'eau brute

On trouve l'eau dans les nappes souterraines, les cours d'eau et avec la croissance démographique, les rejets des usines industrielles et les eaux usées sont de plus en plus importants et l'abondance de l'eau salée sous forme d'eau de mer, mais toute cette quantité ne peut être utilisée à la consommation humaine sans traitement c'est pourquoi l'eau subit plusieurs traitements avant d'être distribuée dans les circuits d'eau potable.

Le traitement d'une eau brute après son captage dépend de sa qualité et de ses constituants, critères qui varient dans le temps, l'eau puisée dans l'environnement doit donc

être analysée en continu avant de subir le traitement de potabilisation approprié et elle subit tout au long de son parcours un contrôle continu de qualité.

Avant son traitement l'eau est collectée dans un réservoir pour assurer une alimentation continue de l'installation, ce bac peut être fabriqué en fibre de verre et peint par une peinture spéciale qui ne réagit pas avec les particules d'eau afin d'éliminer tous risques de contamination.

II.2.2. Pompe d'appoint

Après son captage et stockage, l'eau doit être acheminée au long du circuit de traitement par des pompes d'amorçage afin de pressuriser le circuit à une pression suffisante pour les composants en aval tels que les filtres à sable et à charbon ainsi que la pompe haute pression.

Dans ce cas il est conseillé d'avoir deux pompes une en service et l'autre en réserve, ces pompes assurent une pression fixe au moyen des pressostats installés sur les conduites d'eau.

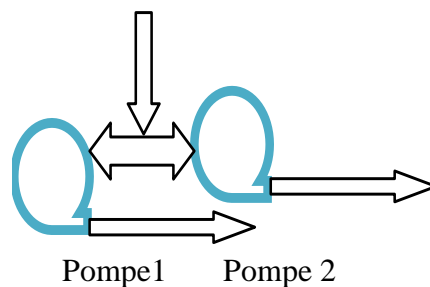


Fig. II.2. Schéma représentant les pompes d'appoint.

II.2.3. Filtre à sable

Le filtre à sable est très utilisé pour enlever les particules les plus grosses comme celles flottant à la surface de l'eau, on les trouve presque dans toute unité de traitements membranaires d'osmose inverse. Le filtre possède plusieurs couches de sable ayant des propriétés différentes (matériaux, taille des grains). La filtration se déroule en 3 étapes, la première où les impuretés sont extraites de l'eau, la deuxième où les impuretés grossières et adhèrent au sable, la troisième est élimination des algues et autres particules indésirables.[20]

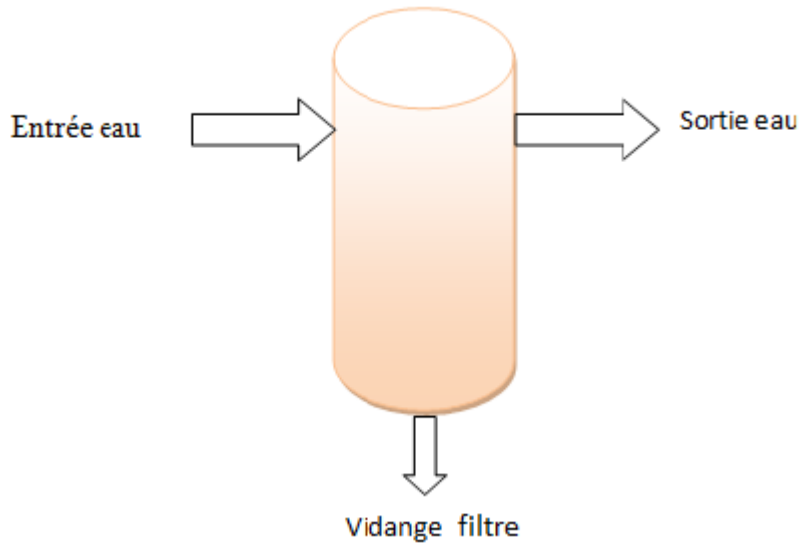


Fig. II.3. Schéma filtre à sable.

II.2.4. Filtre à charbon

Le filtre à charbon actif a une conception similaire à celle des filtres à sable, on dispose de granules de charbon poreux capable d'absorber les substances volatiles basées sur le phénomène de l'adsorption. Le filtre à charbon actif clôt le processus du traitement de l'eau, en éliminant : bactéries, hypochlorite, hydrocarbures, aussi bien que les métaux.

Après une certaine durée de fonctionnement du filtre, toutefois il est nécessaire d'éviter sa saturation ce qui engendrerait le relâchement d'éléments filtré. Dans ce cas une procédure de désaturation est exécutée par un lavage périodique du filtre.

La porosité du charbon actif en fait un très bon support pour les bactéries dénitrifiantes (enlève les composés nitrés et azote) et déchlorifiantes. Plus l'eau est en contact avec les charbons actifs, meilleur est son efficacité. Ce principe sert par exemple à déchlorer l'eau.[20].

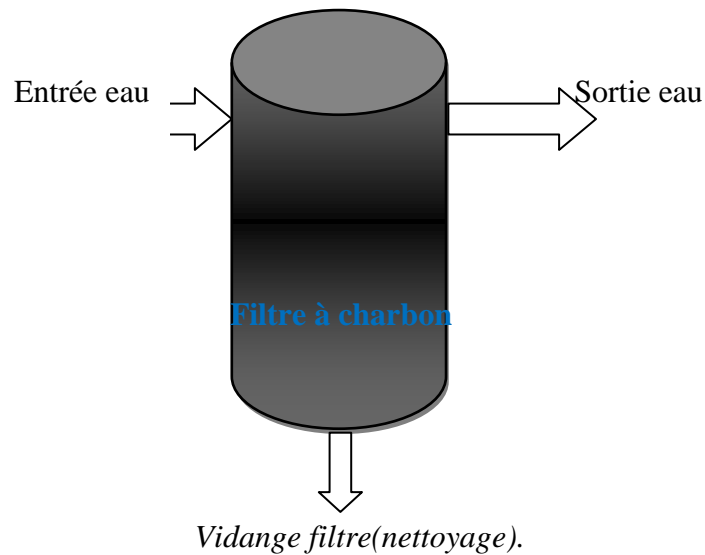


Fig. II.4. Schéma filtre à charbon

II.2.5. Le module osmose inverse

Ce module est l'élément principal de ce procédé, il contient la membrane de filtration, on générant de l'eau de bonne qualité dite perméat et une partie de cette dernière sera rejetée ou recyclée suivant les besoins des procédés c'est le concentrât. Deux manomètres à l'entrée et à la sortie de la membrane indiquent son si la membrane est colmatée ou non dans ce cas un nettoyage est nécessaire.

On a tous types de nettoyage chimique au moyen du produit chimique non nocif où un contre-lavage avec de l'eau perméat.[20].

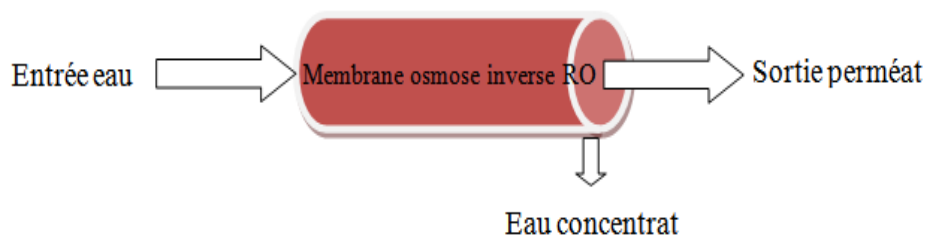


Fig. II.5. Module OI osmose inverse.

II.2.6. Cycle de nettoyage (décolmatage et lavage)

a) Décolmatage et lavage filtres

Le lavage pour décolmatage des filtres à sables et à charbon peut se déclencher lorsqu'une consigne de perte de charge est atteinte ou par une durée déterminée de service. Le lavage est réalisé à contre-courant du sens de filtration à l'aide d'eau.[20].

b) Décolmatage et lavage de la membrane

Le cycle de nettoyage et lavage des membranes d'osmose inverse peut se déclencher lorsqu'une consigne de perte de charge est atteinte. Le lavage est réalisé à contre-courant du sens de passage de l'eau par une eau osmosée au moyen d'une pompe basse pression, une pompe haute pression et une vanne à trois voies.[20].

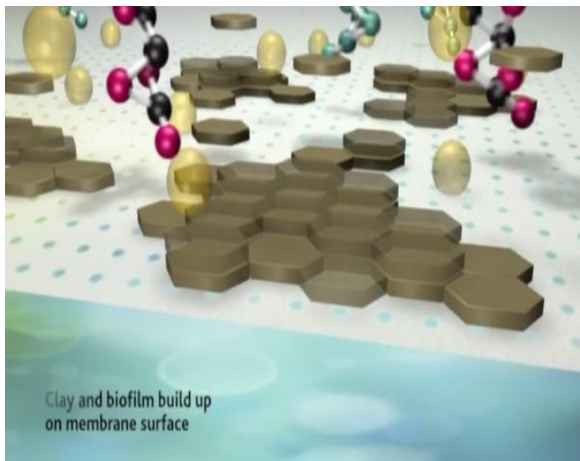


Fig. II.6. Dépôt des impuretés sur membrane [7].

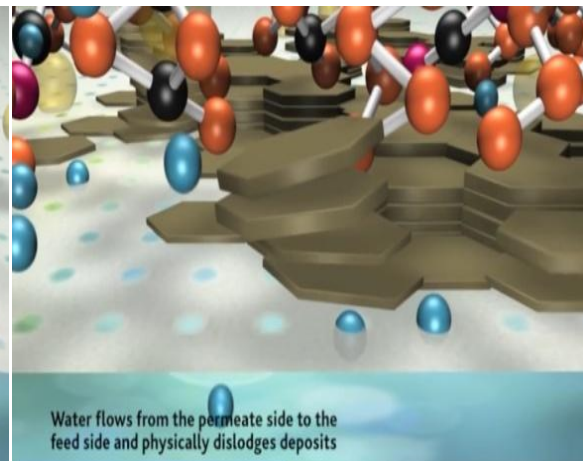


Fig. II.7. Lavage contre courant de filtration [7].

II.2.7. Réservoir de stockage

À la sortie des membranes d'osmose inverse, on aura deux qualités d'eau, une eau concentrée en particules qui sera rejetée ou recyclée suivant les besoins et une eau dite perméat qui est l'eau de qualité supérieure qui sera stockée dans des réservoirs avant d'être redistribuée vers les réseaux de consommation.

II.2.8. Pompes de distribution

La distribution d'eau une fois traité est assurée par deux pompes de distribution vers les réseaux de consommation qui assurent un débit fixe une en service et l'autre en réserve.

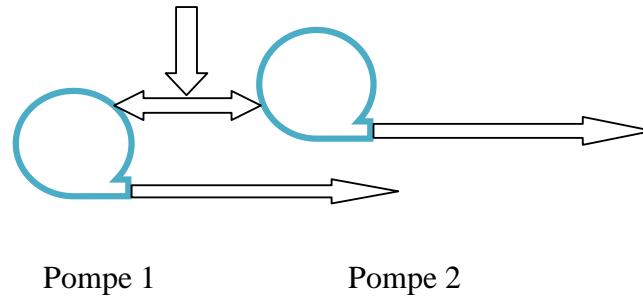


Fig. II.8. Groupe moto-pompe.

Dans le but du traitement d'eau provenant du puits d'eau situé à la proximité de l'unité on distingue plusieurs cycles de fonctionnements de l'unité :

- Cycle ordinaire
- Arrêt de l'unité
- Cycle lavage des filtres
- Arrêt d'urgence

II.3. Le cycle ordinaire

L'eau brute d'alimentation, stockée dans le bassin eau brute, est livrée à l'entrée du filtre à sable par la pompe appoint.

Avant que l'eau entre au filtre à sable une solution d'hypochlorite de sodium est injectée par un débit fixé qui sert à prévenir la prolifération des bactéries, ensuite il est filtré à travers deux filtres en série :

- L'un est le filtre à sable pour enlever les particules solides.
- L'autre est le filtre à charbon actif pour enlever les agents oxydants tels que le chlore libre qui endommage le module OI.

Par la suite l'eau est additionnée avec de l'anti-scalant (incrustant) qui empêche aux sels solubles de précipiter et encrasser les éléments de la membrane. L'eau traitée et filtrée

passé à travers un filtre à cartouche micronique. Enfin, une pompe à haute pression type centrifuge, livre l'eau d'alimentation conditionnée et filtrée au skid d'osmose inverse, où les sels et le produit perméat à faible salinité sont rejetés. L'eau du perméat produite est accumulée dans le réservoir d'eau de consommation. Une pompe centrifuge livre le perméat aux usagés.[7]

II.4. Arrêt de l'unité

Lorsqu'une alarme d'arrêt est activée, la pompe à haute pression HP s'arrête ainsi que les pompes doseuses et le défaut s'affichera sur une page d'alarmes tandis que les pompes d'appoint d'eau brute restent en fonctionnement pour assurer une pression en amont du module d'osmose inverse ainsi que la pompe de distribution de l'eau perméat.

Lorsque le niveau d'eau brute atteint est minimum, la pompe d'appoint s'arrête et par conséquent l'unité s'arrête automatiquement, le niveau haut bac eau perméat lui aussi engendre l'arrêt de l'unité.

II.5. Le cycle lavage des filtres

Pendant le fonctionnement ordinaire, le filtre à sable et à charbon seront soumis automatiquement à un cycle de contre lavage, après un certain temps de fonctionnement.

Il est possible de choisir des seuils, réglables de l'opérateur (par défaut : un est fixé après 24 heures) qui donnent le consentement à commencer le nettoyage des filtres.

Lorsque le cycle de nettoyage des filtres commence, l'unité suit automatiquement la procédure d'arrêt. Une fois l'unité arrêtée, le cycle de lavage est mis en fonction et contrôlé automatiquement.

Le lavage des filtres terminé, un micro interrupteur situé sur ces derniers envoie un signal numérique au PLC pour confirmer la fin du cycle.

Comme déjà vu, le temps total de contre lavage doit être environ 25 minutes, enfin l'unité démarre automatiquement sans l'intervention de l'opérateur. [7]

II.6. Conclusion

Dans ce chapitre on a voulu présenter le principe de base du procédé pour tout traitement membranaire et spécialement l'osmose inverse avec ses équipements principaux et leurs rôles tout au long du procédé afin d'avoir une approche technique des installations de la station concernée par notre étude et enfin entreprendre une étude approfondie sur notre sujet.

Chapitre III

**L'unité d'osmose inverse
SP2 El-Outaya Biskra et l'API**

L'unité d'osmose inverse SP2 El-Outaya Biskra et l'API**III.1. Introduction**

En 1958 la société française SOPEG a achevé la station de pompage N°2 avec le premier pipeline OB1 reliant Haoud El-Hamra la zone de production au terminal nord de la ville de Bejaia la zone d'exportation d'une longueur de 668 Km, elle est situé à une distance de 18 Km au nord de la ville de Biskra à proximité de la route nationale N°3, son rôle principal est de pomper un débit voulu à une pression connue vers la station en aval.

En 2008 la station a été rénové par des groupes électropompes (GEP) et un nouveau système de commande basé sur les automates programmables formant l'architecture DCS et comme l'eau dans la région est excessivement minéralisé (calcaire).Sonatrach a choisi une nouvelle technologie de traitement d'eau avec une unité d'osmose inverse qu'on va essayer de vous présenter.

Ce chapitre constitue aussi une introduction aux automates programmable industriels (API), ainsi qu'à leur fonction générale, leurs formes matérielles et leur architecture interne. Les API sont employés dans de nombreuses tâches d'automatisation, dans différents domaines, comme les processus de fabrication industriels.

On parlera également du mode de communication entre l'automate maître Delta V d'Emerson et le Siemens et sa configuration.

De nos jours il n'y a pas de processus industriels que soit simple où complexe avec quelques entrées et sorties où avec des milliers de sorties et d'entrées sans qu'il fait recourt a des automates programmables industriels.

III.2. Présentation de ligne Oléoduc Bejaia N°1(OB1)

C'est le premier pipeline pétrolier en Algérie de 24" alimentant dans son passage la raffinerie d'Alger par un pipeline de 20" et regroupant des stations principales et des stations satellites qui sont [21] :

- 1- SPA (OB1) HEH(GEP)
- 2- SP1-BIS (OB1) Djamaa(Turbine)
- 3- SPB (OB1)Oumache(Turbine)
- 4- SP2 (OB1) El-Outaya(GEP)
- 5- SPC (OB1) Ain El-Khadhra(Turbine)
- 6- SP3 (OB1)M'sila(GEP)
- 7- SBM (OB1)BeniMensour(GEP)
- 8- Terminal(OB1)Bejaia(GEP)

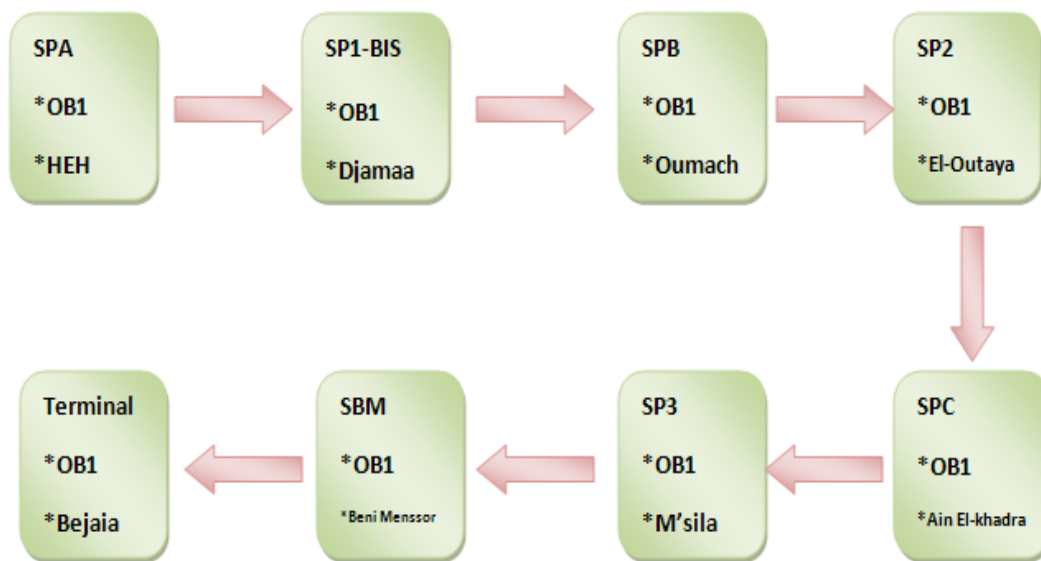


Fig. III.1. Schéma de OB1 HEH – Bejaia [21].

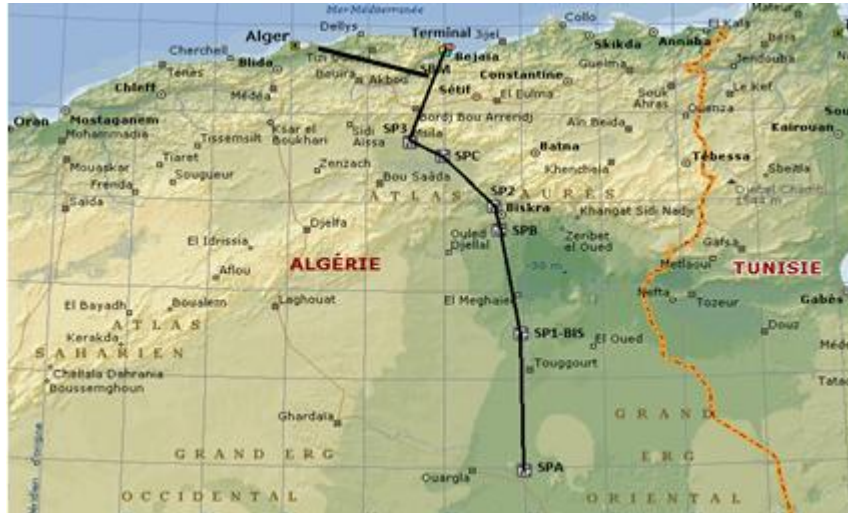


Fig. III.2. La ligne sur la carte d'Algérie (HEH – Bejaia OB1) [21].

Les éléments principaux à la station (SP2) :

- Bac de stockage
- Bac de stockage
- Bac de décantage
- Les pompes Boosters
- Salle de contrôle
- Les pompes principales
- Les filtres
- Gare racleur
- L'entrée de la station
- Bassin de l'eau (système anti-incendie)
- Base de vie
- Route nationale N°3



Fig. III.3. La station de pompage N°2. (image Google earth)

III.3. Description du fonctionnement de l'unité d'osmose inverse SP2

Un réservoir d'eau brute est rempli par une alimentation en eau de forage. Une électrovanne commandée par le niveau haut de la cuve permet un remplissage automatique. Un groupe surpresseur reprend l'eau du réservoir et le fait circuler à pression constante à travers un filtre à sable et un filtre à charbon actif pour alimenter un osmoseur avec une pression de 4 à 5 bars. Différents groupes de dosages assurent le prétraitement. L'osmoseur réalise la séparation de l'eau en deux parties. Le perméat qui est l'eau absente de tout sel minéral et bactéries et le concentrat qui est envoyé au rejet. L'eau osmosée, le perméat, est acheminé vers une cuve de stockage en ayant reçu au passage un traitement de correction pH et de désinfection si nécessaire. Cette réserve d'eau à disposition est reprise à l'aide d'un groupe surpresseur pour être distribué vers les points d'utilisation.

- Un niveau haut dans le bac de stockage d'eau traité arrête l'osmoseur. Celui-ci doit être en ordre de marche.
- Le démarrage du groupe surpresseur d'alimentation de l'osmoseur est autonome. Il est commandé par des pressostats.
- Toutes les pompes doseuses sont asservies au démarrage de l'osmoseur. Elles sont équipées de contrôleur de niveau qui arrête la pompe et évitent le désamorçage en cas de manque de produit. En cas de défaut le signal est retransmis à l'osmoseur qui se met à l'arrêt. Tout défaut présent sur la pompe est signalé sur la page d'alarmes de IHM.

- Le niveau bas du réservoir d'eau brute met le surpresseur d'alimentation de l'osmoseur à l'arrêt en cas de manque d'eau.
- La régénération (nettoyage) du filtre à sable ou du filtre à charbon actif bloque le démarrage de l'osmoseur. Le déclenchement de la régénération (nettoyage) est en fonction des paramètres réglés sur l'unité de commande des filtres. Ces paramètres sont liés à la qualité de l'eau et au temps de fonctionnement de l'installation.
- Pendant le fonctionnement de l'osmoseur celui-ci affiche la conductivité du perméat produit, la température de l'eau brute entrant dans l'osmoseur [21].

La conductivité électrique traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. Cette notion est inversement proportionnelle à la résistivité électrique. La conductivité est directement proportionnelle à la quantité de solides (les sels minéraux) dissous dans l'eau. Ainsi plus la concentration des solides dissout sera importante plus la conductivité sera élevée.

Généralement, le rapport entre conductivité et concentration ionique s'exprime par approximation de la façon suivante :

$2\mu\text{S}/\text{cm}=1\text{ppm}$ (partie en million) ou $1\text{ppm}=1\text{mg}/\text{l}$; correspond à la concentration des solides dissout.

Les cartouches de pré-filtre devront être nettoyées ou changées quand la pression différentielle atteint 0,8 bars et conductivité du perméat environ $250\mu\text{S}/\text{cm}$.

III.3.1. Groupe de surpression eau brute

Le groupe de surpression est composé de deux pompes installées sur un support rigide qui fonctionnent en alternance pour réduire la fatigue et maintenir ces équipements en bon état de marche. Il a pour but de réaliser une élévation de la pression de l'eau en sortie de bac d'eau brute et d'assurer une circulation à travers le filtre à sable, le filtre de déchloration (charbon actif) et d'alimenter l'osmoseur avec une pression comprise entre 4 et 5 bars, son fonctionnement est autonome. La marche du groupe de surpression est dépendante du réglage des pressostats de démarrage et d'arrêt. Un ballon hydrophore permet une alimentation en eau constante et limite les démarrages trop fréquents des

pompes. Un réducteur de pression réglé à 5 bars permet une alimentation à pression constante de l'osmoseur [21].



Fig. III.4. Groupe de surpression eau brute [21].

III.3.2. Filtration

La filtration permet de retirer les solides en suspension dans l'eau ainsi que les particules oxydées par la préchloration. Filtres avec lavage en fonction du temps, ce lavage se fait à des moments précis à des jours particuliers (généralement lorsqu'il n'y a aucune utilisation d'eau).



Fig. III.5. Type de filtres utilisé. photo site SP2.

Utilisable lorsque la consommation est quasi constante (prédictible) et on a deux types de filtres [21] :

a) Filtre à sable

Ces solides présents dans les eaux brutes sont filtrés par un lit de sable qui retient les particules dans les cavités entre les grains de sable. L'encrassement du filtre appelé colmatage dépend :

- De la quantité de particules présentes dans l'eau
- Du débit d'eau par m² de surface de filtration (vitesse de filtration)
- De la granulométrie du sable
- De la qualité de l'eau
- De la périodicité du contre lavage

b) Filtre à charbon (déchloration)

La déchloration consiste en une filtration par charbon actif pour éliminer toutes traces de chlore avant osmose inverse. Des concentrations de chlore trop importantes, supérieure à 0,3mg/l, peuvent à moyen terme causer des dommages aux membranes de l'osmoseur. Un contrôle périodique de l'absence de présence de chlore est à réaliser.

III.3.3. Définition pompe dosage

Les pompes dosage sont des pompes doseuses électromagnétiques commandées par microprocesseur. Elles servent au dosage de fluides avec une grande précision de reproduction dans des systèmes sous pression ainsi que dans des réservoirs ouverts et fermés [22].

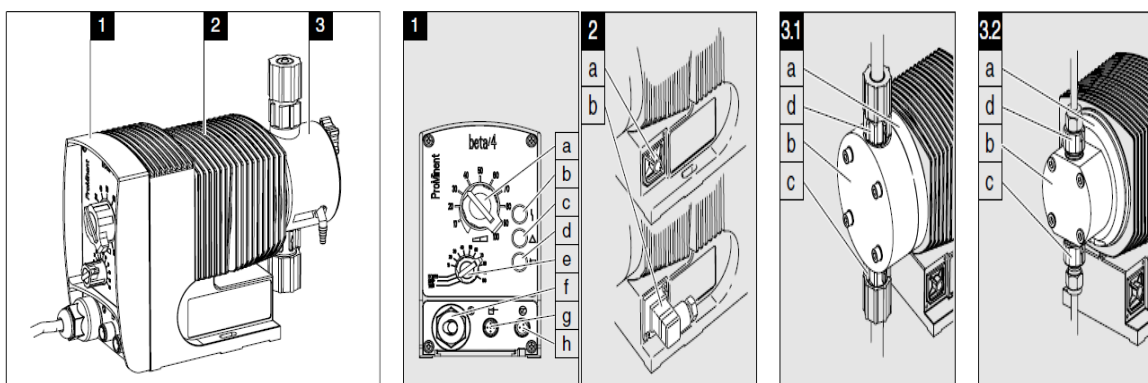


Fig. III.6. Pompe doseuse. [22].

➤ **1 Module de commande**

- 1a Régulateur de longueur de course ; 1b DEL rouge: alarmes ; 1c DEL jaune: avertissements ; 1d DEL verte: fonctionnement ; 1e Commutateur multifonctions ; 1f Raccordement au secteur ; 1g Raccordement pour modes de fonctionnement externes ; 1h Raccordement du commutateur de niveau

➤ **2 Module d'entraînement**

- 2a Ouverture pour relais ; 2b Relais en option

➤ **3 Module de dosage**

III.3.3.1. Structure et fonctionnement

a) Composants principaux

- Module de commande
- Module d'entraînement
- Module de dosage

b) Principe de fonctionnement

Le dosage est assuré par déformation impulsionnelle de la membrane de dosage dans la tête doseuse, la différence de pression entre le côté aspiration, la chambre de la tête doseuse et le côté refoulement étant contrôlée par des soupapes.

La membrane doseuse est entraînée par un électro-aimant excité par une commande électronique à microprocesseur.

c) Débit de refoulement

Le débit de refoulement est déterminé par la longueur et la fréquence de course.

La longueur de course est réglée par le bouton de réglage de longueur de course dans la plage de 0 % à 100 %. Mais une reproductibilité techniquement significative du débit de dosage n'est cependant possible qu'entre 30 % et 100 %.

La fréquence de course est réglée avec une reproductibilité élevée dans la plage de 0 % à 100 %, par pas de 10 %, par le commutateur multifonctions.

d) Fonction « stop »

Cette fonction permet d'arrêter la pompe sans couper l'alimentation du secteur.



Fig. III.7. Pompes de dosage. [22].

III.3.4. Différent rôles des pompes de dosage**III.3.4.1 Le pré et post traitement de l'eau**

Le prétraitement et le post traitement consiste en l'injection de réactif afin de conditionner l'eau avant et après son passage dans l'osmoseur et cela grâce a des poste d'injection par des pompes doseuses.

a) Poste préchloration :

La préchloration est une injection de chlore dans l'eau en début de traitement. La préchloration a pour but les différentes actions suivantes :

- La prévention contre la prolifération des algues et des micro-organismes
- La réduction des goûts et odeurs dus à la présence des algues
- L'élimination des bactéries
- La destruction d'une grande partie de la matière organique

b) Poste de dosage d'acide

Poste d'injection d'acide chlorhydrique utilisé principalement dans le cas d'eau brute ayant une dureté importante et permettant le renforcement de l'efficacité du séquestrant. Ce poste de traitement est asservi au démarrage de l'osmoseur.

Le dosage d'acide chlorhydrique dépend de la dureté de l'eau brute. Il favorise l'action de l'anti-scalant dans le cas de minéralité élevée de l'eau brute. Ce dosage n'est pas nécessaire avec la qualité d'eau de forage actuel.

Le réglage de la pompe doseuse s'effectue à l'aide du vernier de course de membrane.

Son réglage est défini lors de la mise en route en fonction de la qualité de l'eau et de la concentration du réactif.

Le rôle principal d'acidification est d'éviter la précipitation de sels peu solubles à des pH voisins de 7 qui entraîneraient le colmatage des membranes. De même le filtre placé en amont du module (alimentation en eau du réservoir) arrête les particules solides susceptibles de colmater la membrane.

c) Poste de dosage anti-scalant

Ce traitement est réalisé par l'injection d'un séquestrant de dureté (produit chimique empêchant les ions responsables de la dureté de l'eau de se fixer sur les membranes de l'osmoseur) permettant de protéger les membranes de l'osmoseur d'un dépôt entartrant qui entraîne un blocage de la membrane et selon le cas par l'adjonction d'acide chlorhydrique qui maintient les ions hydrosolubles en suspension la qualité d'eau du forage actuel ne nécessite pas d'injection d'acide.

Ce poste de traitement est asservi au démarrage de l'osmoseur. Le réglage de la pompe doseuse est défini lors de la mise en route en fonction de la qualité de l'eau et de la concentration du réactif.

d) Post traitement

Le poste traitement consiste au réajustement du Ph pour l'amener à une valeur d'équilibre et à une très faible injection de désinfectant, souvent du chlore, pour protéger l'eau d'une recontamination.

e) Poste de préchloration

Cette station est un poste d'injection comprenant une pompe doseuse, un bac de stockage du chlore et un clapet d'injection. Son fonctionnement est simultané au démarrage de l'osmoseur. Le réglage de la pompe doseuse est défini lors de la mise en route. Son but est l'élimination d'éventuelles bactéries présentes dans l'eau de consommation.

f) Poste de correction de Ph

Poste d'injection d'un correctif de Ph basique, cette station est un poste d'injection comprenant une pompe doseuse, un bac de stockage de soude et un clapet d'injection. Ce poste de traitement est asservi au démarrage de l'osmoseur. Le réglage de la pompe doseuse est défini lors de la mise en route.

La correction de Ph dépend de la valeur de Ph de l'eau osmosée et de la valeur à atteindre pour un Ph optimal d'utilisation dans l'application. Le réglage de la pompe doseuse est à réaliser en fonction du contrôle du Ph réalisé quotidiennement sur la distribution de l'eau. Le dosage est en général basique par une injection de NAOH (hydroxyde de sodium). Cette correction est principalement réalisée quand une injection d'acide est faite en prétraitement. Ce dosage n'est pas nécessaire pour la qualité d'eau de forage actuelle. voir Annexe A(A-10).

III.3.5. Groupe de surpression (eau de consommation)

Le groupe de surpression est composé de deux pompes installées sur un support rigide qui fonctionnent en alternance pour réduire la fatigue et maintenir ces équipements en bon état de marche. Il a pour but de réaliser une élévation de la pression de l'eau en sortie du bac d'eau osmosée vers la distribution. Son fonctionnement est autonome et la marche du groupe est dépendante du réglage des pressostats de démarrage et d'arrêt. Un

ballon hydrophore permet une alimentation en eau constante et limite les démarrages trop fréquents des pompes.



Fig. III.8. Groupe de surpression eau consommation..[21].

III.3.6. Pompe HP

Une pompe haute pression asservie au démarrage de l'unité d'osmose inverse doit avoir une pression de l'ordre de 4-7 bars en amont fourni par un groupe motopompe d'eau brute, commandé au moyen des pressostats, son rôle est l'augmentation de la pression en amont des membranes d'osmose inverse à une pression de service optimale jusqu'à 20 bars, si l'eau produite satisfait les conditions prédéfinies, l'eau sera orientée vers le bac d'eau consommation sinon elle sera recyclée à nouveau par une pompe dite BP. [22].

III.3.7. Pompe BP

Une pompe de basse pression a comme rôle le recyclage des eaux traitées en cas de haute conductivité, une électrovanne en aval des membranes de traitement alimente la pompe qui à son tour l'oriente vers la pompe HP pour être à nouveau traitée par les membranes d'osmose inverse jusqu'à l'obtention d'une eau satisfaisant les critères puis celle-ci sera orientée vers le bac d'eau consommation. [22].

III.4. Historique des API

Avant la création des systèmes automatisés on utilisait les relais électromagnétiques et de systèmes pneumatiques pour la réalisation des parties commandes, c'est la logique câblée, cette technique présente des inconvénients telle que son coût qui est cher, pas de flexibilité et pas de possibilité de communication.

La solution de ces inconvénients c'est avéré l'utilisation de systèmes à base de microprocesseurs permettant une modification aisée des systèmes automatisés, c'est la logique programmée.

Richard MORLEY et son équipe, créèrent la société MODICON (MODular Digital CONtrol). c'est la naissance du premier automate qui est baptisé Modicon 084 car il concrétisait le 84^{ème} projet de la société, et fut présenté fin 1969.

Modicon 084 : 255 E/S, mémoire 4 Ko, programmation LADDER, dimension L 500 x H 1200 x P 340, poids 46 Kg

Actuellement quasiment toutes les applications industrielles d'automatismes sont pilotées par un ou plusieurs automate programmable.

L'offre des fabricants est telle qu'il est possible, avec un automate, de gérer des applications "simples" (quelques entrées/sorties) ou des applications "très complexes" (des milliers d'entrées/sorties).

III.4.1 Généralités sur les automates programmables

Un automate programmable industriel est un appareil électronique programmable similaire à un ordinateur servant à commander des procédés industriels. Il est spécialement conçu pour automatiser des procédés. Sa programmation détermine quelles commandes il doit donner en fonction de l'état de différents dispositifs de détection (capteurs). [11].

III.4.2. Définition API

L'automate programmation industriel(API) est un appareil électronique programmable ,adapté à l'environnement industriel, qui réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de pré-actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logique,analogique ou numérique.

N.B: Logique,c'est deux états, marche/arrêt etc.. Numérique c'est un chiffre fini et Analogique, une valeur infini.

III.4.3. Rôle d'un API

L'objectif de l'automation des systèmes est de produire des produits de qualité ,en ayant recours le moins possible à l'homme et ce pour un coût le plus faible possible.

L'automatisation permettra d'accélérer la fabrication et/ou de garantir la constance de la qualité, l'automatisation devra être flexible. Cette flexibilité doit se traduire au niveau de la structure des machines qui seront aussi polyvalentes et adaptatives que possible, avec une gestion d'outils et une alimentation en pièces complètement automatisées.

Cette flexibilité doit aussi se retrouver au niveau du système de commande des machines dont les modes de fonctionnement devront pouvoir être facilement modifiés.

Toutes les nouvelles machines de production sont commandées par des dispositifs à base de microprocesseurs, avec programme enregistré. De plus, des portes de communication existent presque toujours qui permettent de télécharger et de modifier les programmes à partir d'autres ordinateurs(console). [12].

III.4.4. Structure d'un système automatisé

Tout système automatisé peut se composer par les trois parties suivantes :

a)Partie opérative : elle agit sur la matière d'oeuvre (produit)afin de lui donner sa valeur ajoutée.les actionneurs (moteurs,vérins) agissent sur la partie mécanique du sytème qui agit à son tour sur la matière d'oeuvre.les capteurs/détecteurs permettent d'acquérir les divers états du système.

b)Partie commande : elle donne les ordres de fonctionnement à la partie opérative.

c)Poste de contrôle : composé de pupitre ou un PC de commande et de signalisation ,il permet à l'opérateur de commander le système(marche,arrêt,départ cycle...).

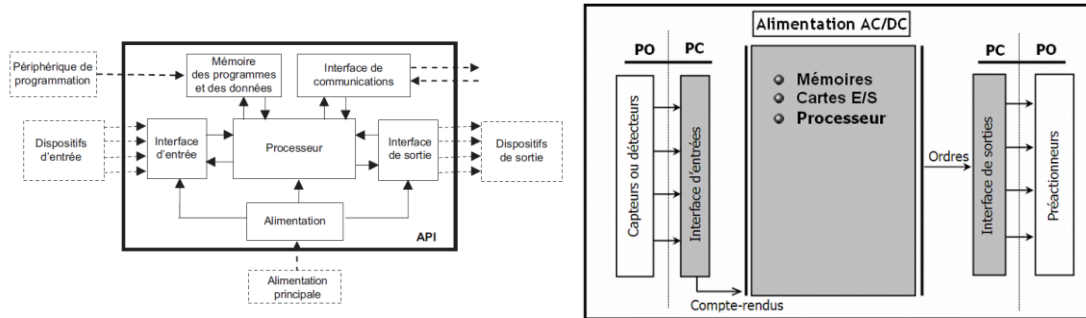


Fig .III.9. Structure interne d'un API [12].

III.4.5. Les avantages et les inconvénients des API

L'API remplace les centaines de relais qui assuraient l'automatisme dans les armoires électriques mais il présente des avantages et des inconvénients qui sont:

Les avantages :

- Moins de place utilisée dans l'armoire (pour la logique)
- Moins de câblage interne,
- Réalisation des modifications facilitée,
- Récupération des modifications effectuées facile, il suffit de lire le programme pour voir les modifications. Certains logiciels permettent même de faire des comparaisons de programmes et indiquent précisément les différences.
- Coût moindre (par rapport aux relais). Ceci est même vrai pour des applications simples (quelques dizaines de relais).
- Réalisation simple et peu coûteuses d'applications similaires il suffit de "recopier" le programme.
- Maintenance facilité : l'API par lui même est relativement fiable et peut aider l'homme dans sa recherche de défauts (Voyants, bits indicateurs, messages, écrans de dialogue, ...).

- Possibilité de prévoir une maintenance à distance (Modem téléphonique, Internet, ...).
- Possibilités de communication avec l'extérieur (ordinateur, autre API) que n'ont pas les relais.
- Evolution du métier de l'automaticien,

Les inconvénients :

- Besoin de formation (est-ce un inconvénient ou une évolution du métier ?),
- "Boîte noire" on ne voit pas directement ce qui se passe à l'intérieur,
- Diversité des marques et de modèles qui entraîne une diversité des langages et des repérages des variables, malgré l'existence d'une norme CEI 61131 (qui comme toutes les normes laisse beaucoup de possibilités de divergences, donc de choix différents)

III.4.6. Domaines d'emploi des automates

On utilise les API dans tous les secteurs industriels pour la commande des machines (convoyage, emballage...) ou des chaînes de production (automobile, agroalimentaire...) ou il peut également assurer des fonctions de régulation de process. il est de plus en plus utilisé dans le domaine du bâtiment pour le contrôle du chauffage de l'éclairage de la sécurité ou des alarmes.

III.4.7. Nature des informations traités par l'automate

Il y a trois types d'informations qui peuvent être traités :

Tout ou rien (TOR) : l'information ne peut prendre que deux états (vrai/faux, 0 ou 1). c'est le type d'information délivrée par un détecteur, un bouton poussoir...

Analogique : l'information est continue et peut prendre une valeur comprise dans une plage bien déterminée. C'est le type d'information délivrée par un capteur (pression, température...)

Numérique : l'information est contenue dans des mots codés sous forme binaire ou bien hexadécimale. c'est le type d'information délivrée par un ordinateur ou un module intelligent.

III.4.8. Les langages de programmation

Il existe quatre langages de programmation des automates qui sont normalisés au plan mondial par la norme CEI 61131-3. Chaque automate se programme via une console de programmation ou par un ordinateur équipé du logiciel constructeur spécifique.

Liste d'instructions (IL : Instruction List) :

Langage littéral structuré (ST : Structured Text) :

Langage à contacts (LD : Ladder Diagram) :

Blocs Fonctionnels (FBD : Function Block Diagram) :

III.5. Systèmes d'automatisation SIMATIC S7-300

Le système d'automatisation SIMATIC S7-300 est un automate modulaire compact pour une gamme de compétence inférieure et moyenne. Cette gamme de modules S7-300 est étendue pour répondre de manière optimale à votre tâche d'automatisation.

L'automate S7 est constitué d'une alimentation, d'une CPU et d'un module d'entrées ou de sorties (Modules E/S) et des processeurs de communication et des modules de fonction qui se chargeront de fonctions spéciales, telles que la commande d'un moteur pas à pas par exemple.

L'automate programmable contrôle et commande une machine ou un processus à l'aide du programme S7. Les modules d'entrées/sorties sont adressés dans le programme S7 via les adresses d'entrée et adresses de sortie.

L'automate est programmé à l'aide du logiciel STEP7.

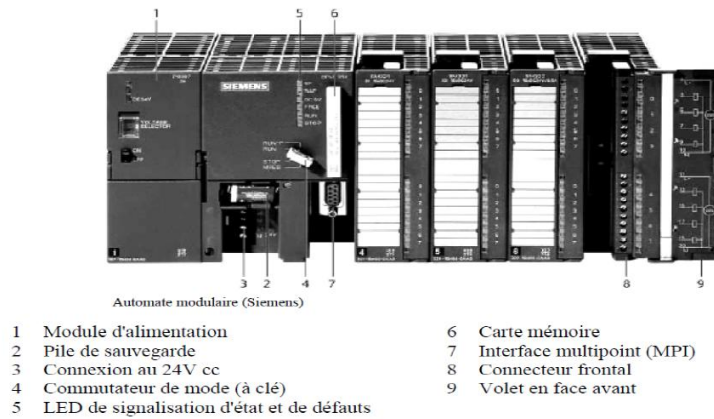


Fig. III.11. Différents constituants d'un API [13].

III.5.1. Logiciel de programmation STEP 7

Le logiciel STEP7 est l'outil de programmation des systèmes d'automatisation SIMATIC S7-300. STEP7 offre beaucoup de fonctions pour l'automatisation d'une installation industrielle tel que la configuration, le paramétrage du matériel, paramétrage de la communication et programmation.

Le programme de l'automate programmable est créé sur le PC avec le logiciel STEP 7 et y est temporairement enregistré. Une fois que vous avez relié le PC avec l'interface MPI (multi point interface) de l'automate, le programme peut être chargé à l'aide de la fonction de chargement dans la mémoire de l'automate programmable. Vous créez à l'aide du logiciel STEP 7 votre programme S7 dans le projet. L'automate S7 est constitué d'un module d'alimentation, d'une CPU et de modules d'entrées et de sorties (E/S). L'automate programmable contrôle et commande à l'aide du programme S7 votre machine.

L'adressage des modules E/S se fait par l'intermédiaire des adresses du programme S7. [15].

III.5.2. Traitement du programme automate

Tous les automates fonctionnent selon le même mode opératoire :

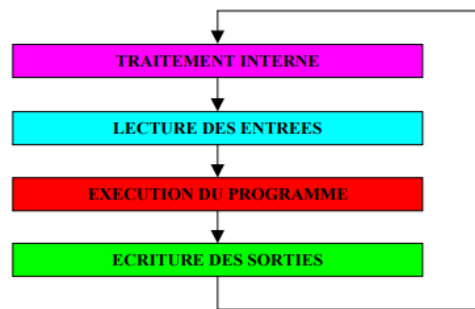


Fig III.11. Cycle programme automate[17].

Traitement interne: L'automate effectue des opérations de contrôle et met à jour certains paramètres systèmes (détection des passages en RUN / STOP, mises à jour des valeurs de l'horodateur, ...).

Lecture des entrées: L'automate lit les entrées (de façon synchrone) et les recopie dans la mémoire image des entrées.

Exécution du programme : L'automate exécute le programme instruction par instruction et écrit les sorties dans la mémoire image des sorties.

Ecriture des sorties : L'automate bascule les différentes sorties (de façon synchrone) aux positions définies dans la mémoire image des sorties. Ces quatre opérations sont effectuées continuellement par l'automate (fonctionnement cyclique).

On appelle scrutation l'ensemble des quatre opérations réalisées par l'automate et le temps de scrutation le délai d'exécution de ce cycle.[17].

III.5.3. Mode d'adressage entrée/sortie

Pour adresser par exemple la cinquième entrée à partir du haut, il faut entrer l'adresse suivante :

I 0 . 4 I désigne le type de l'adresse : Entrée, 0 l'adresse de l'octet 4 l'adresse du bit.

L'adresse de l'octet et l'adresse du bit sont toujours séparées par un point.

Pour adresser par exemple la dernière sortie, il faut entrer l'adresse suivante :

Q 5 . 7 Q désigne le type de l'adresse : Sortie, 5 l'adresse de l'octet 7 l'adresse de bit.

L'adresse de l'octet et l'adresse du bit sont toujours séparées par un point.

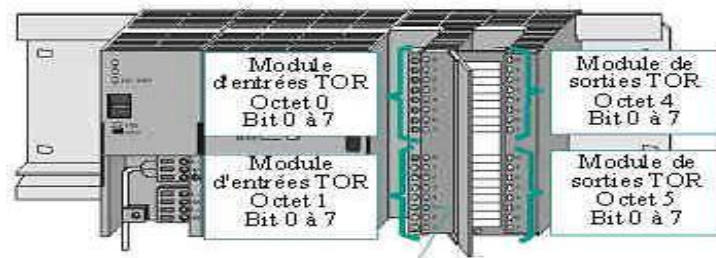


Fig III.12.Adressage entrée/sortie[16].

III.5.4. Cartes d'entrées digitale

Elles sont destinées à :

- Recevoir l'information en provenance du capteur
- Traiter le signal en le mettant en forme, en éliminant les parasites et en isolant électriquement l'unité de commande de la partie opérative (isolation galvanique).

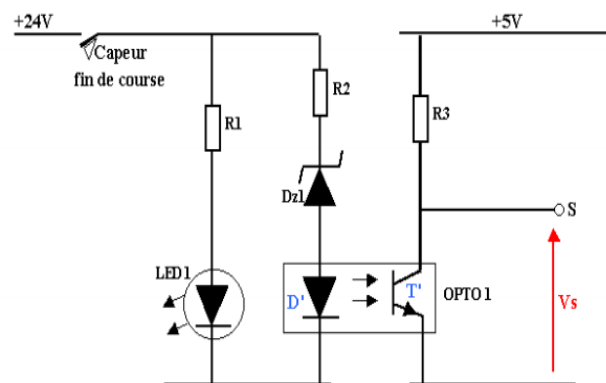


Fig. III.13. Schéma interne carte d'entrée digitale[18].

III.5.5. Cartes de sorties digitale

Elles sont destinées à :

- Commander les pré-actionneurs et éléments des signalisations du système
- Adapter les niveaux de tensions de l'unité de commande à celle de la partie opérative du système en garantissant une isolation galvanique entre ces dernières.

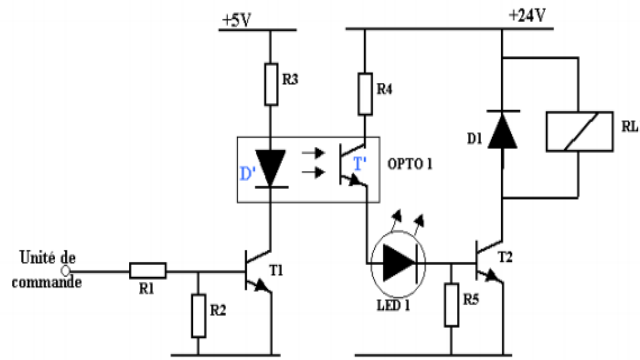


Fig. III.14. Schéma interne carte de sortie digitale [18].

III.5.6. Les cartes entrées /sorties analogiques

L'entrée et la sortie analogique est continue et peut prendre une valeur comprise dans une plage bien déterminée exemple 0 à 5V ,0 à 10V,0 à 20mA où 4 à 20mA,c'est l'information délivrée par un capteur de pression,de température ,de niveau... .

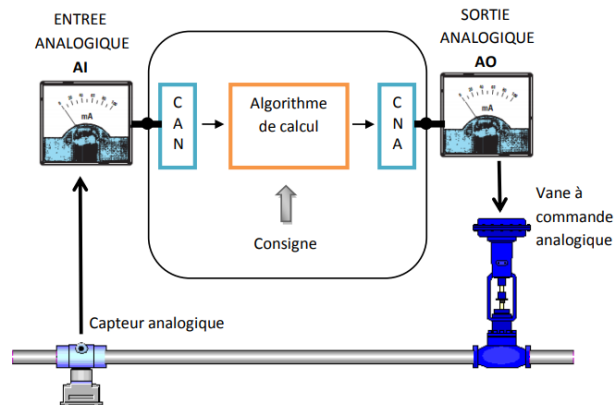


Fig. III.15. Principe de carte d'entrée et de sortie analogique [18].

III.5.7. Interface PLCSIM

L'application de simulation de modules S7-PLCSIM permet l'exécution et le teste du programme utilisateur destinés aux CPU S7-300 et aux CPU S7-400, ainsi qu'à WinPLC. La simulation étant complètement réalisée au sein du logiciel STEP 7, il n'est pas nécessaire qu'une liaison soit établie avec un matériel S7 quelconque. Lorsque S7-PLCSIM s'exécute, toute nouvelle liaison est automatiquement dirigée vers la CPU de simulation.

S7-PLCSIM dispose d'une interface simple permettant de visualiser et de forcer les différents paramètres utilisés par le programme (comme, par exemple, d'activer ou de désactiver des entrées). [15].

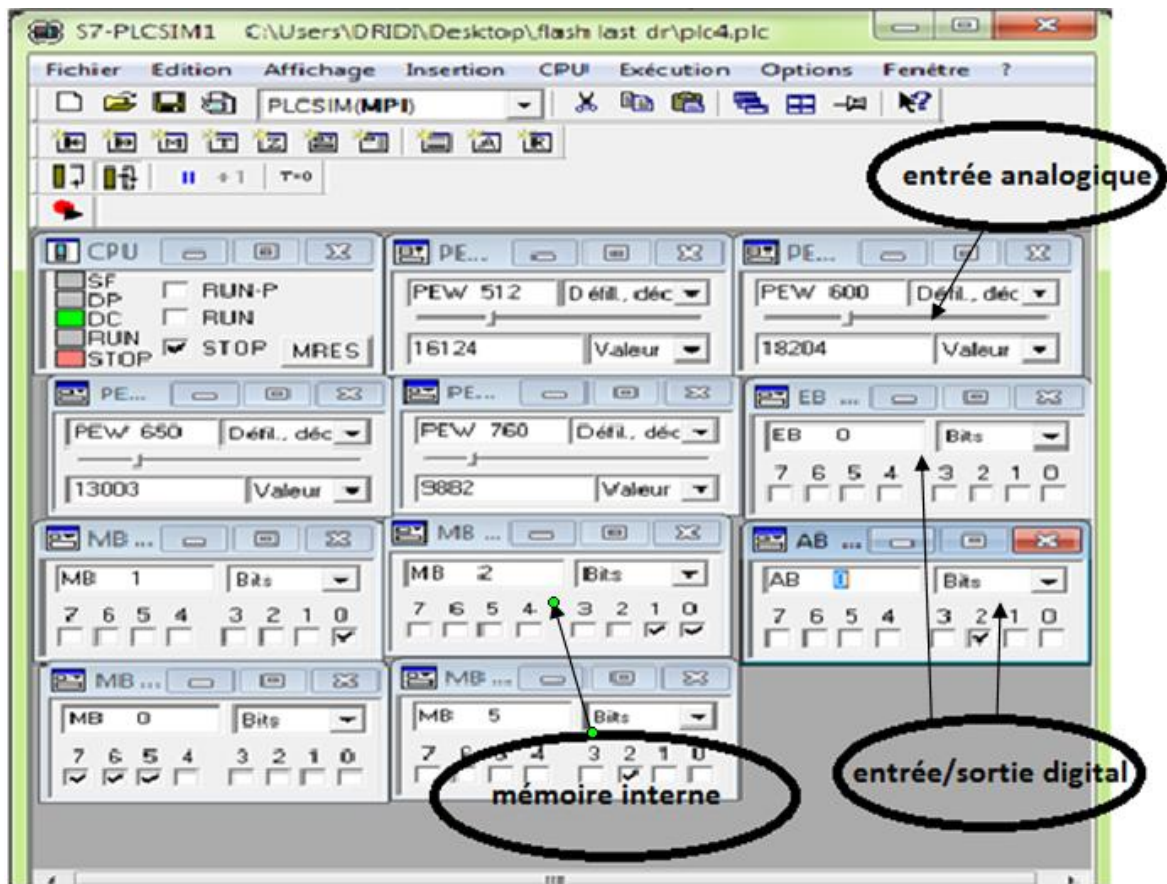


Fig. III.16. Interface de simulation PLCSIM

III.5.8. Description du WINCC Flexible

Siemens a créé le logiciel WinCC flexible, ce logiciel permet la configuration de tous les IHM de la gamme, aussi bien pupitres opérateurs que postes de supervision sur base PC.

WinCC flexible offre une ergonomie grandement améliorée ainsi qu'une approche objet permettant de gagner du temps de développement.[14].

SIMATIC WinCC est un système de supervision de processus modulable et extensible avec beaucoup de souplesse qui offre des fonctions performantes de surveillance d'automatismes. WinCC offre des fonctionnalités SCADA complètes sous Windows pour tous les secteurs.

Il permet aussi bien les applications monoposte dans le secteur de la construction de machines que des solutions multipostes complexes ou même des systèmes distribués avec plusieurs serveurs et clients redondants dans la construction d'installations, tous les domaines et secteurs témoignent de la polyvalence et des performances de ce système :

- construction automobile et sous-traitants,
- industrie chimique et pharmaceutique,
- industrie agroalimentaire...

Les fonctionnalités du système de base WinCC facilitent énormément la validation des installations et la traçabilité des processus de fabrication et proposent ainsi une réponse convaincante et exhaustive aux exigences de ces secteurs.

Des fonctions IHM à vocation industrielle font partie de la configuration de base du système, le système graphique de WinCC traite toutes les entrées et sorties à l'écran en cours d'exécution. Les vues que vous mettez en oeuvre pour la visualisation et la conduite de votre installation sont créées à l'aide de WinCC Graphics Designer.

Tant pour les applications de conduite et de supervision simples que pour les tâches de conduite complexes, les produits standards WinCC permettent de créer des interfaces utilisateurs personnalisées pour chaque application afin d'assurer la sécurité de conduite et l'optimisation de l'ensemble de la production. Grâce aux paramétrages de conception et aux palettes de couleurs centralisés, aux menus et barres d'outils personnalisés, il est possible de personnaliser chaque projet grâce au paramétrage du design et aux palettes de couleurs centralisés, mais aussi par des menus et barres d'outils personnalisés.[24].

III.5.9. Interface MPI

Chaque CPU est équipée d'une interface MPI pour la connexion de la ligne de programmation (ex : PC Adapter), celle-ci se trouve sous le volet de protection à l'avant de la CPU.

III.6. DELTA V

Le système de contrôle existant au niveau de la station SP2 est le système DELTA V d'EMERSON, ce système utilise les cartes de communication série avec le protocole MODBUS RTU et notre automate au niveau de l'unité d'osmose inverse est de type siemens utilisant à son tour le protocole profibus DP, c'est pour cette raison qu'on aura besoin d'un convertisseur profibus/modbus .

III.7. Protocol modbus

Tout à commencé en 1978 avec l'apparition d'un protocole de communication entre les automates Modicon et la console de programmation ,une liaison série asynchrone RS232 faisant office de port de console ,l'intérêt de ce protocole est de communiquer avec les API ,ces bus Maître/Esclaves sont largement utilisées aujourd'hui et restent un bon compromis pour certaines applications.[25].

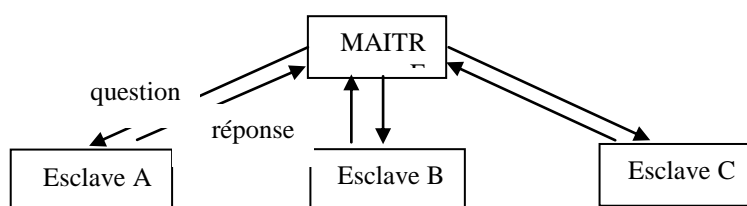


Fig. III.17. Protocol Modbus RTU..[25].

Le protocole Modbus consiste en la définition de trames d'échange ,le maître envoie et attend une réponse ,deux esclaves ne peuvent dialoguer ensemble ,ce dialogue maître-esclave peut être schématisé sous une forme successive de liaisons point à point .[25].



Fig. III.18. Carte série DeltaV Emerson (photo site)

III.7.1. Fonctionnement

L'échange de données se fait au moyen de trames constituées d'une suite d'octets, il y a deux modes de transmission possibles dont le mode RTU « Remote Terminal Unit » .

III.8. PROFIBUS DP (périphérie décentralisée)

C'est un réseau de communication pour le niveau terrain selon la norme IEC 61158-2 / EN 61158-2 pour la procédure d'accès hybride Token Bus et maître-esclave. La mise en réseau s'effectue au moyen de lignes bifilaires ou de câbles à fibres optiques. Les vitesses de transmission possibles sont de 9,6 kbits/s à 12 Mbits/s, Methode d'accès maître/esclave le terme profibus signifie: **Pro** process, **Fi** field, **Bus** bus PROFIBUS met en réseau sous forme de système de bus les systèmes d'automatisation et appareils de terrain compatibles PROFIBUS. PROFIBUS est un composant essentiel en tant que support de communication de niveau terrain.

Les différents réseaux de communication sont utilisables indépendamment l'un de l'autre ou en combinaison.[25].

III.8.1. Directives d'installation d'un réseau PROFIBUS

Un segment PROFIBUS doit être équipé de terminaisons au début et en fin de ligne , de manière passive avec des fiches ou active avec une résistance de terminaison de bus.

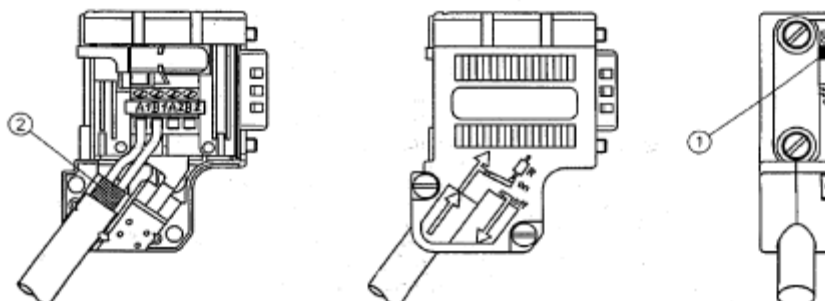


Fig. III.19. Connection passive sans résistance de terminaison pour l'automate esclave.[19].

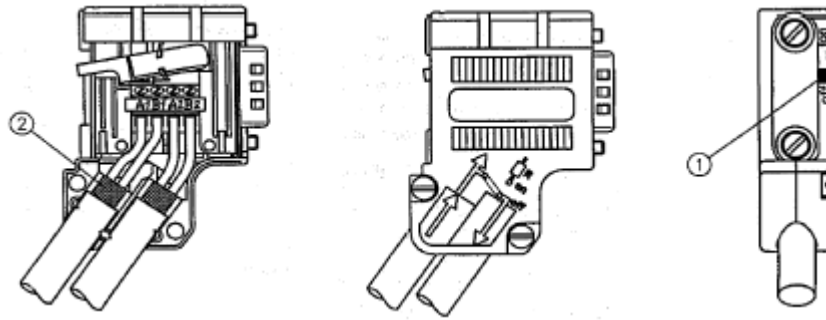


Fig. III.20. connection avec résistance de terminaison.[19].

III.9. Module de conversion PKV 20-DPM où PKV 20-PB

Le module de conversion assure le protocole de conversion entre les équipements Modbus RTU et PROFIBUS-DP protocol basé sur le protocole de conversion PKV 20-DPM où PKV 20-PB. Le Modbus RTU peut être configuré en tant que maître ou esclave.

Pour la connection de PROFIBUS-DP, le protocole de conversion travaille en tant que DPMaitre, si on veut que la connection du protocole de conversion sera PROFIBUS-DP Esclave, l'équipement PKV 30-DPS sera requis.

L'échange de données prend deux places communes dans le procédé des données image des mémoires du protocole de conversion. Ce procédé de données image des mémoires correspond aux entrées et sorties de données du protocole PROFIBUS-DP Maître et ils sont cycliquement échangés avec le PROFIBUS-DP Esclave.

Le protocole Modbus RTU a un accès aux mémoires, cet accès dépend comment le protocole Modbus RTU travaille dans le protocole de conversion, en tant que Maître ou Esclave.[19].

Pour la connection des équipements et la configuration des alarmes Modbus RTU et le protocole de conversion Profibus/Modbus voir annexe A(A-4, A-5, A-6, A-7, A-8, A-9).

III.10. Conclusion

Dans ce chapitre on a pu voir une description de la station de pompage numéro 2, où se situe l'unité de traitement d'eau d'osmose inverse, et ses différents composants de prétraitement et post-traitement ainsi que le module de traitement membranaire.

Nous avons aussi pu voir les automates programmables et spécialement les deux automates qu'on va utilisé qui sont le DELTA V d'EMERSON et un automate de type Siemens S7-300 ainsi que l'architecture des automates et enfin le moyen de transmission des données de l'automate maitre vers l'automate esclave et vis versa.

Chapitre IV

**Programmation et
simulation avec WINCC
flexible de l'unité d'osmose
inverse**

Programmation et simulation avec WINCC flexible de l'unité d'osmose inverse

IV.1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons voir la partie pratique de ce projet avec la partie programmation, type de CPU utilisé ,la configuration réseau, l'instrumentation utilisé et les différent cycle de fonctionnement de l'unité et enfin le moyen de supervision, on parle bien sûr de l'IHM.

Tout ce travail aura comme but de faciliter l'exploitation de l'installation dans des conditions optimales et cela à distance depuis une salle de contrôle, une visite périodique de l'unité est cependant indispensable.

IV.2. Unité centrale de traitement (CPU)

La CPU 315-2 PN/DP sélectionnée dans ce programme à les caractéristiques suivantes :

- Mémoire de travail 384 Ko; 0,05ms/kinst; port MPI/DP combiné (MPI ou maître ou esclave DP); configuration multirangée pouvant comporter jusqu'à 32 modules;
- Possibilité d'émission et de réception pour échange direct de données.
- Une interface Profibus pour la communication avec autres appareils du réseau.
- Une interface MPI pour la communication avec PC.
- Une alimentation PS 307 5A_1.

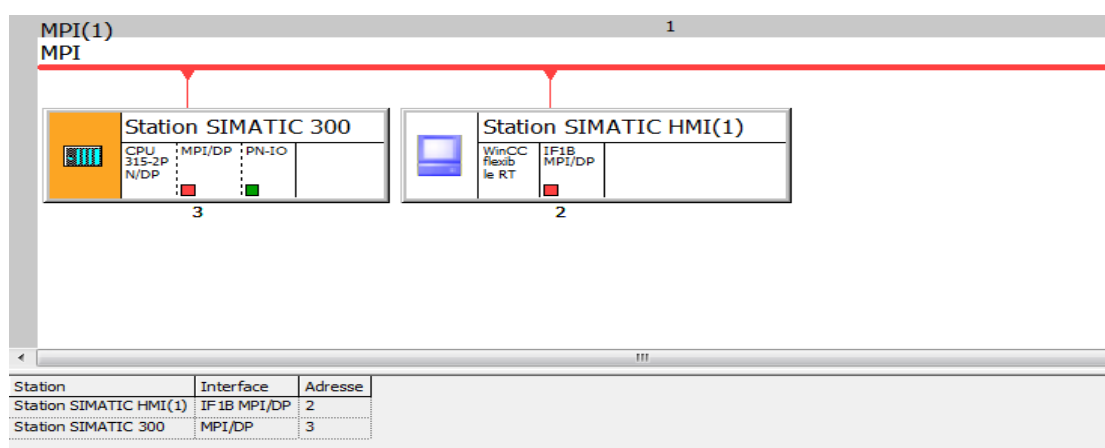


Fig. IV.1. Liaison automate S7-300 et HMI.

IV.3. Les modules Entrées/Sorties

Cartes entrées/sorties utilisé dans ce projet :

- ✓ DI 16X24 VDC
- ✓ DO 32X24 VDC/0.5A
- ✓ AI 4X0/4mA/20mA

IV.4. Les instruments utilisés

Pressostat, manomètres, mesure de conductivité, mesure de température, mesure de débit.

- **Pressostat** : Un pressostat est un dispositif détectant le dépassement d'une valeur prédéterminée, de la pression d'un fluide, l'information rendue peut être électrique, pneumatique, hydraulique, et électronique.

Ces appareils sont également appelés manostats, vacuostats électroniques, ou encore manocontacts. Ils transforment une ou plusieurs valeurs de pression déterminées qu'ils subissent en informations électriques, mécaniques ou numériques.

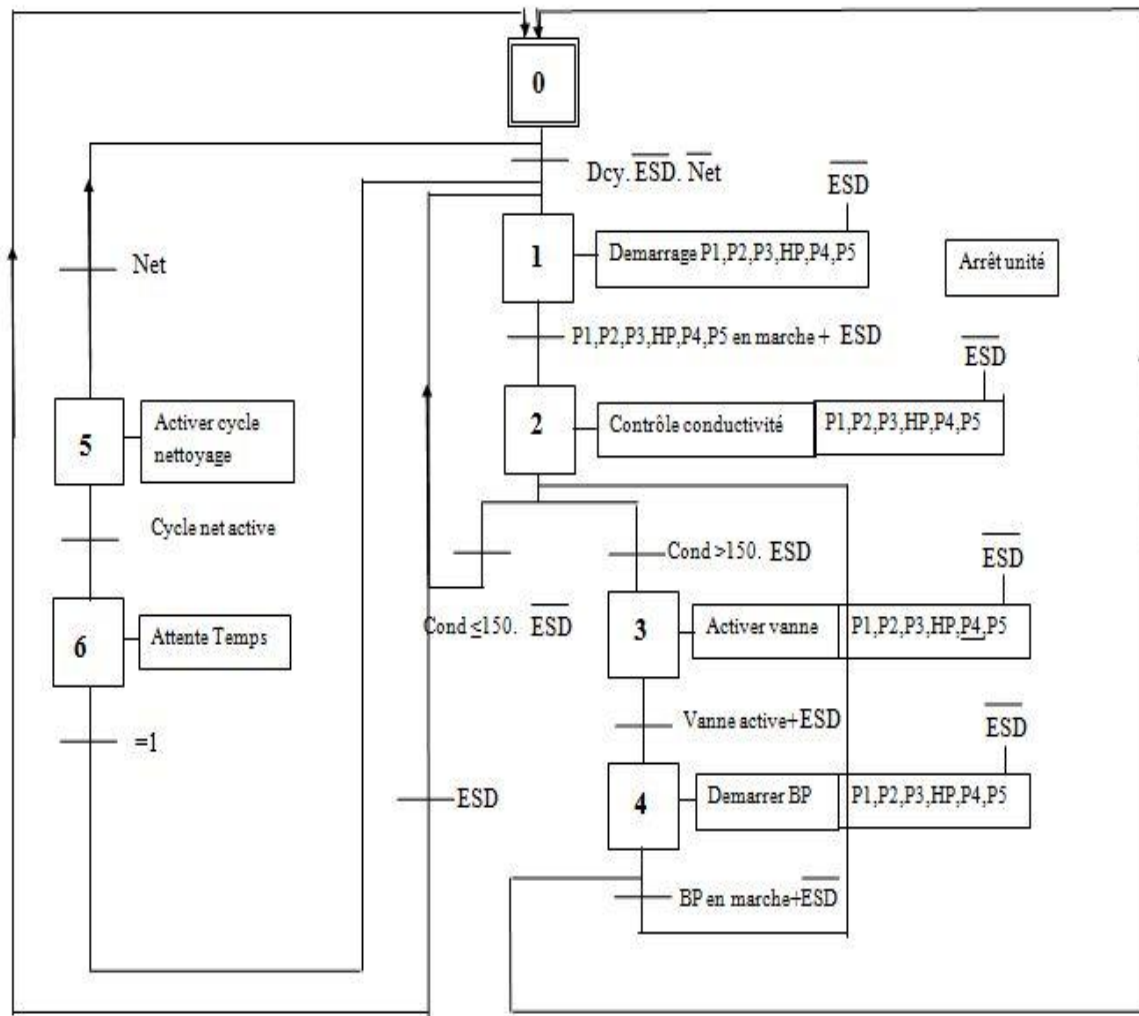
- **Manomètres** : Un manomètre est un instrument servant à mesurer une pression. Le manomètre est un instrument de mesure de pression, destiné en principe à mesurer des pressions voisines de la pression atmosphérique. Le terme « manomètre » renvoie plutôt dans son acception courante à des instruments de mesure à colonne de liquide.

- **Conductivi-mètre** : appareil servant la mesure de la conductivité de l'eau et pilotant des relais interne afin de fournir des contacts de mesure de consigne.

- **Thermostat** : Un thermostat est un dispositif permettant de maintenir un système (appareil, machine, moteur, etc.) à une température relativement stable exemple une sonde Pt100, une sonde mesure la température de l'eau et fournis une indication au PLC.

- **Débitmètre** : Un débitmètre est un appareil destiné à mesurer le débit d'un fluide, liquide ou gazeux. afin de pouvoir suivre l'évolution de la mesure de débit, eau perméat, eau concentrat et eau de recyclage, des débitmètres sont installés sur les conduites d'eau pour une indication de la performance de l'unité.

IV.5. Grafcet du fonctionnement unité



Net :Nettoyage

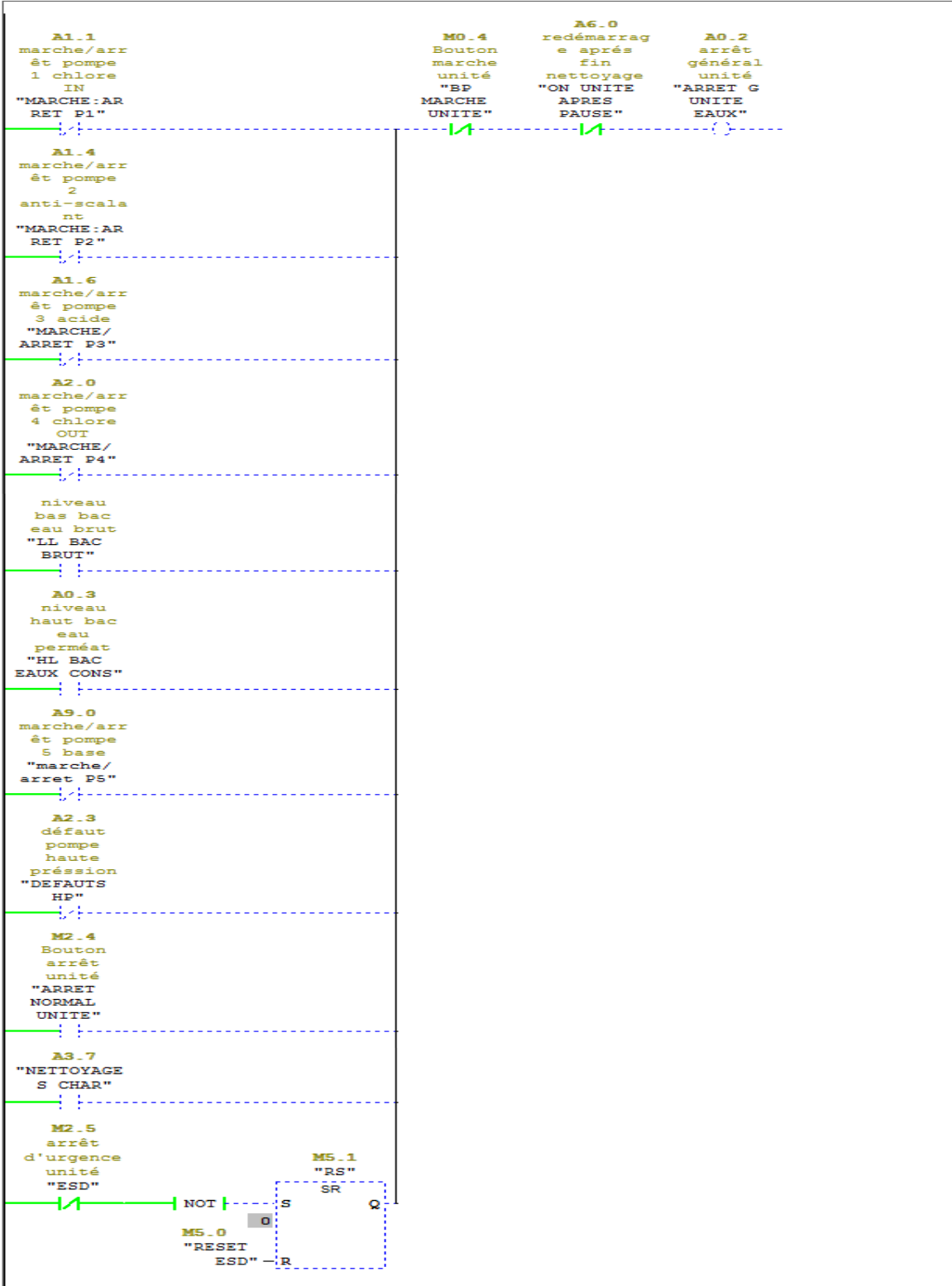
ESD : Emergency Shut Down(arrêt d'urgence)

Dcy : démarrage cycle

IV.6. Programmation et Pages graphiques avec WINCC flexible

Réseau : interlock unité

Commentaire :



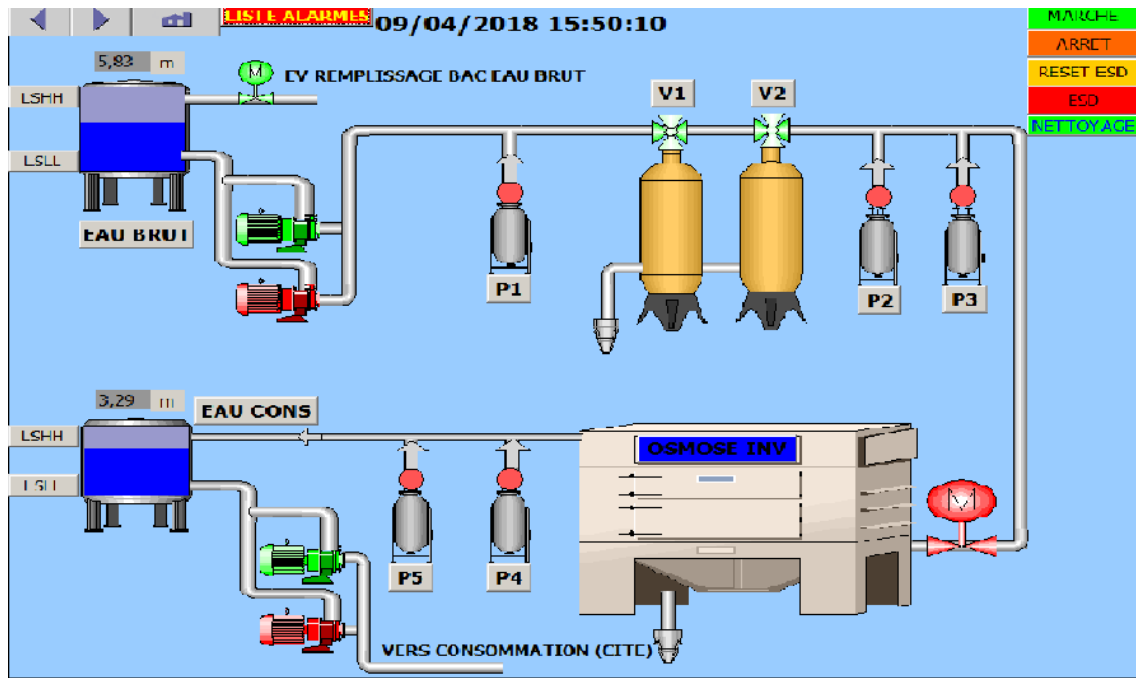


Fig. IV.2. Unité à un arrêt normal.

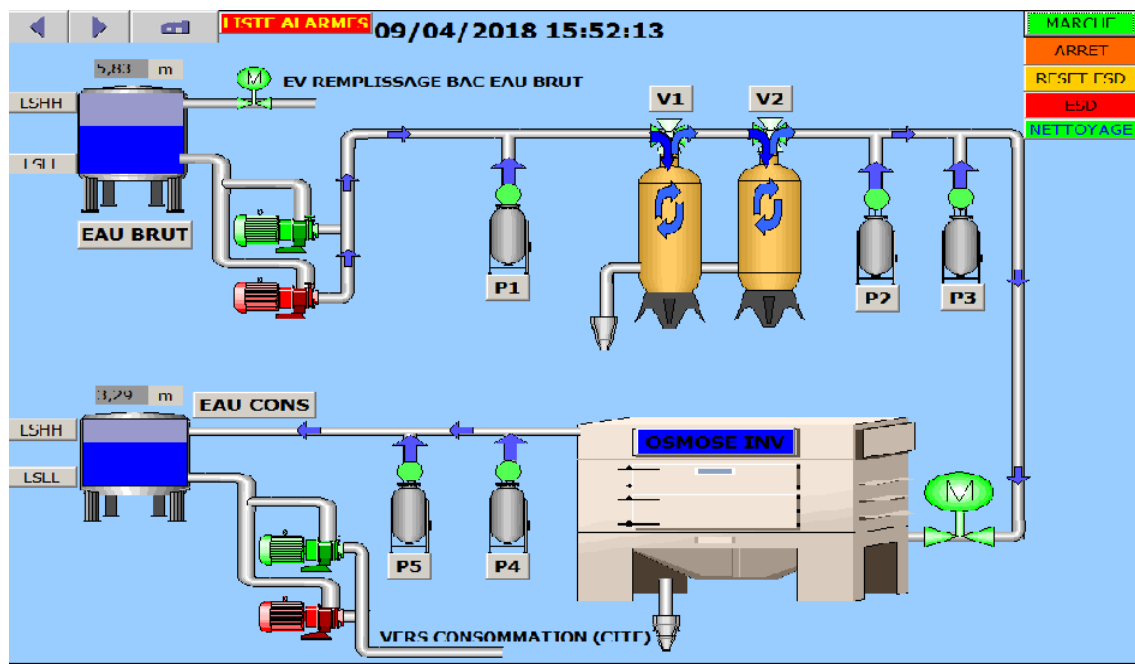


Fig. IV.3. Unité en marche

IV.7. Cycle de nettoyage filtre à sable et à charbon

C'est un cycle est fonctionne automatiquement en fonction du temps où en fonction de la quantité eau produite dans notre ce travail un bouton manuel fait office de marche automatique.

Réseau 38 : NETTOYAGE FILTRE A SABLE ET CHARBON

Commentaire :

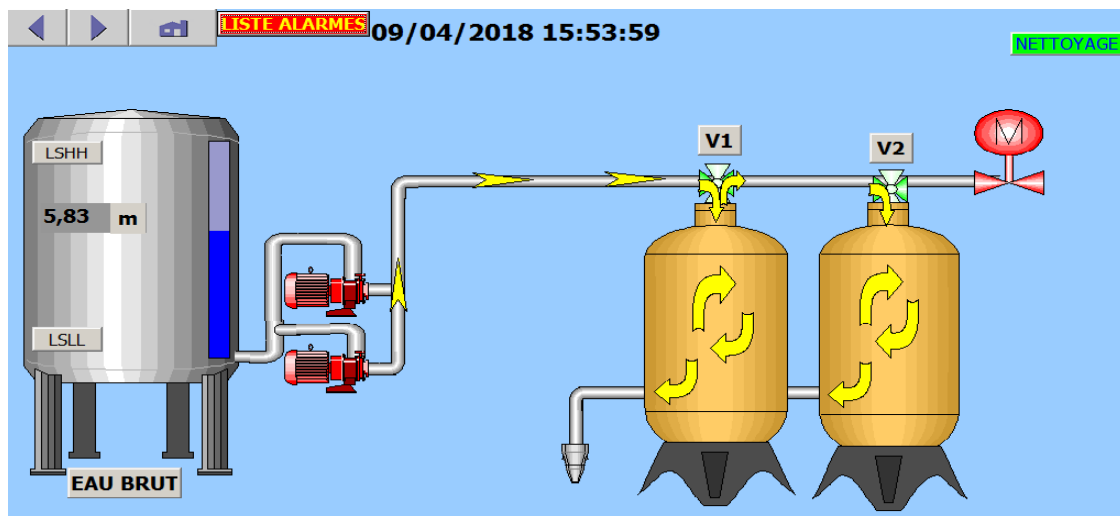
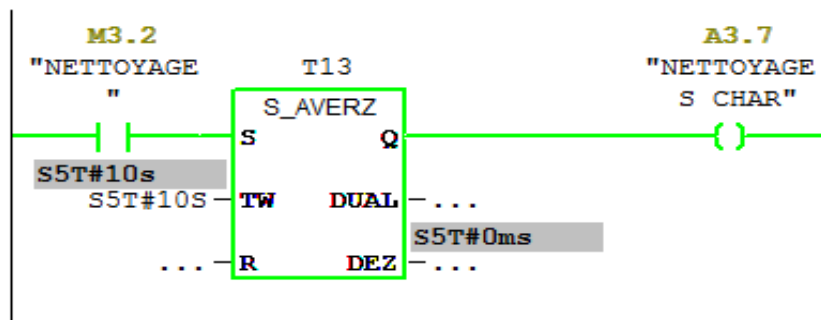
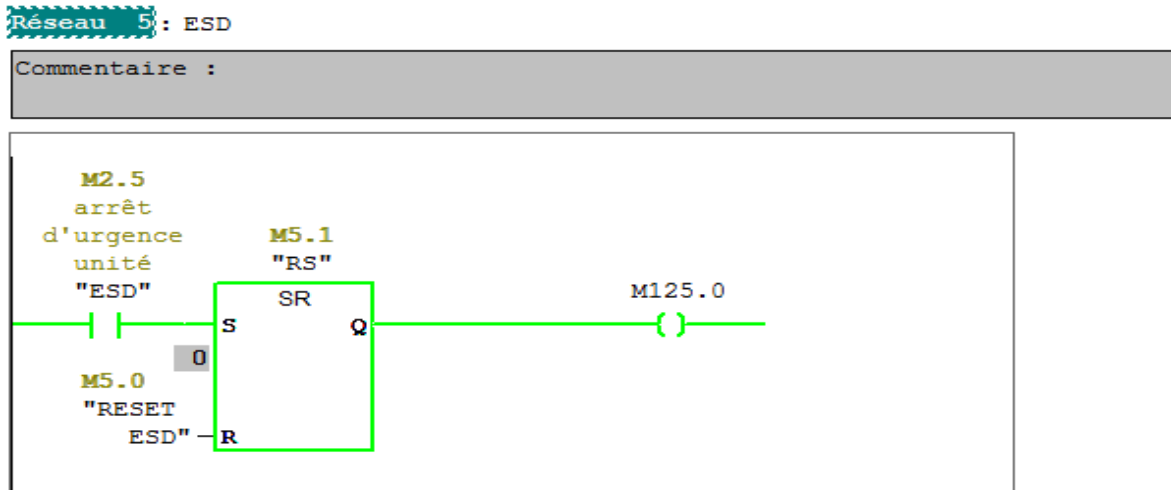


Fig. IV.4. Cycle de nettoyage filtres à sable et à charbon.

IV.8. Arrêt d'urgence unité

L'unité est équipé d'un bouton d'arrêt d'urgence en cas de défaut majeur et le système n'autorise pas le redémarrage même après disparition de ce dernier ,il faut remédier au défaut et réarmer le système pour pouvoir exploiter l'unité.



LISTE ALARMES 09/04/2018 15:55:26

N°	Heure	Date	Etat	Texte	GR
1	15:55:13	09/04/2018	A	ARRET URGENCE	0

Fig. IV.5. Schéma alarme arrêt d'urgence.

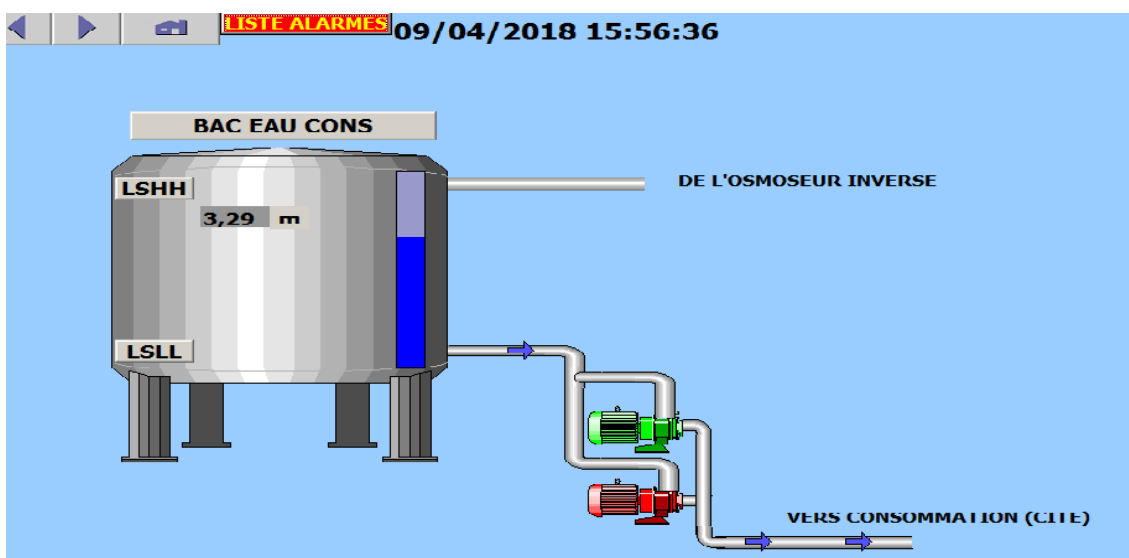
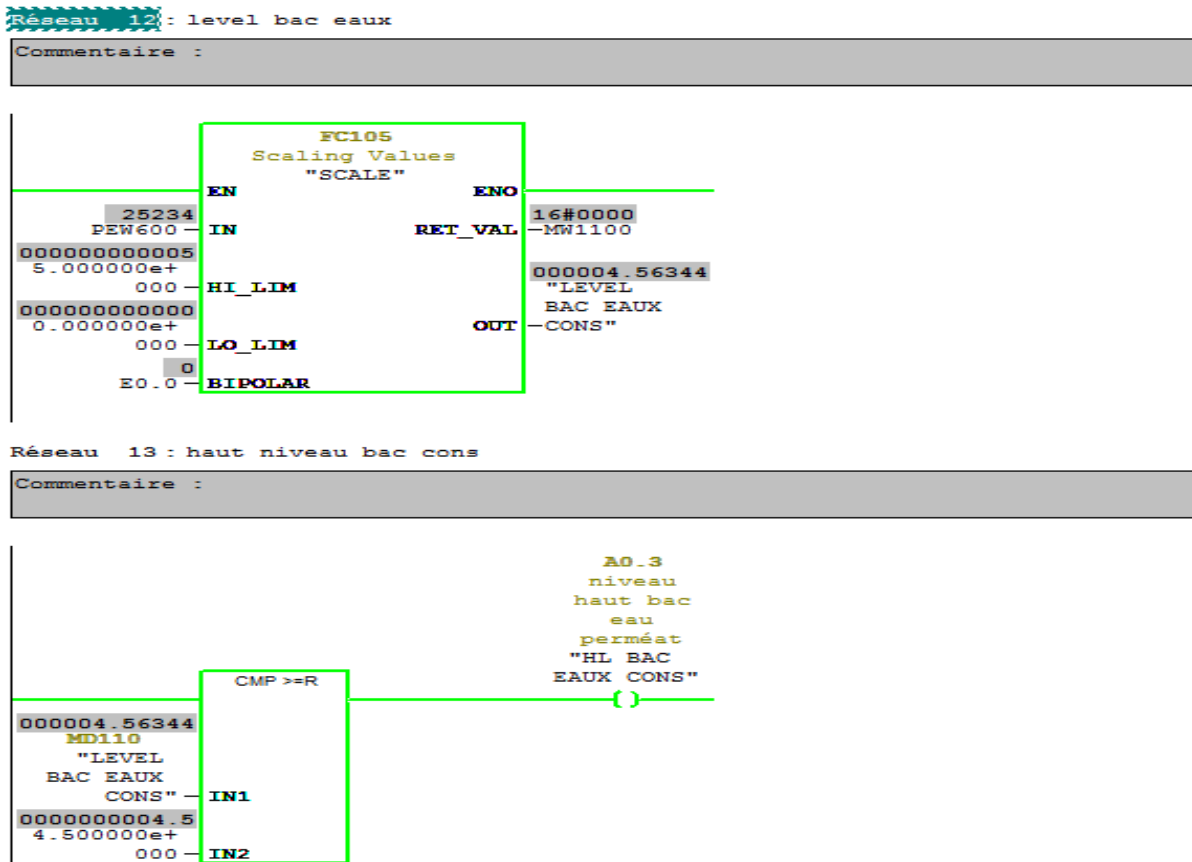


Fig. IV.6. Bac eau perméat de consommation avec la pompe d'aappoint en marche.

IV.9. Les différentes conditions d'arrêt de l'unité



Le niveau très haut bac de consommation engendre un arrêt automatique de l'unité.

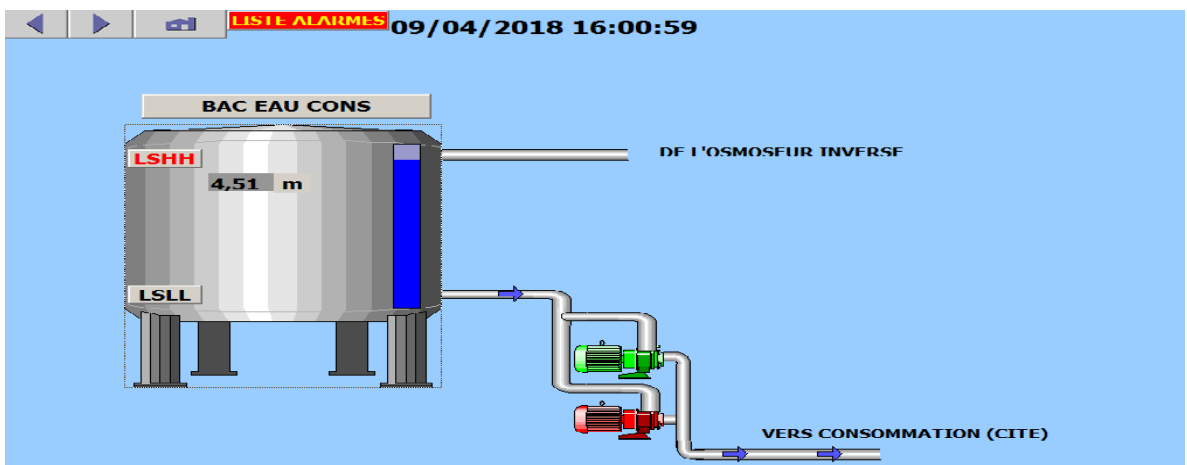


Fig. IV.7. Alarme niveau très haut bac consommation.

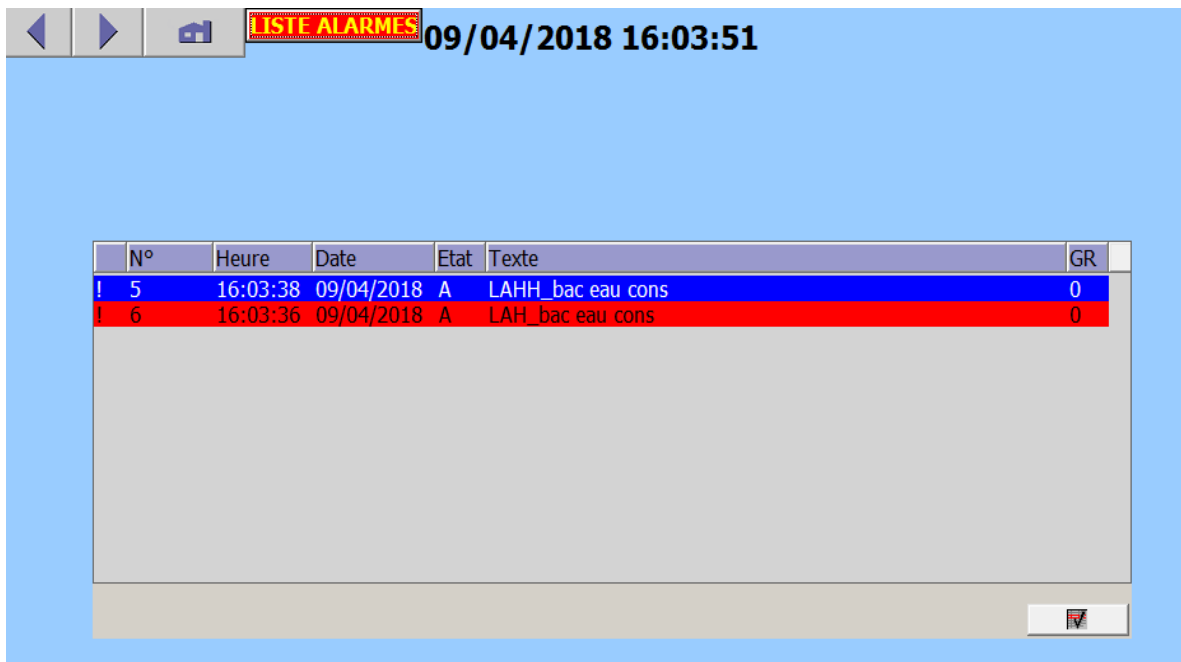
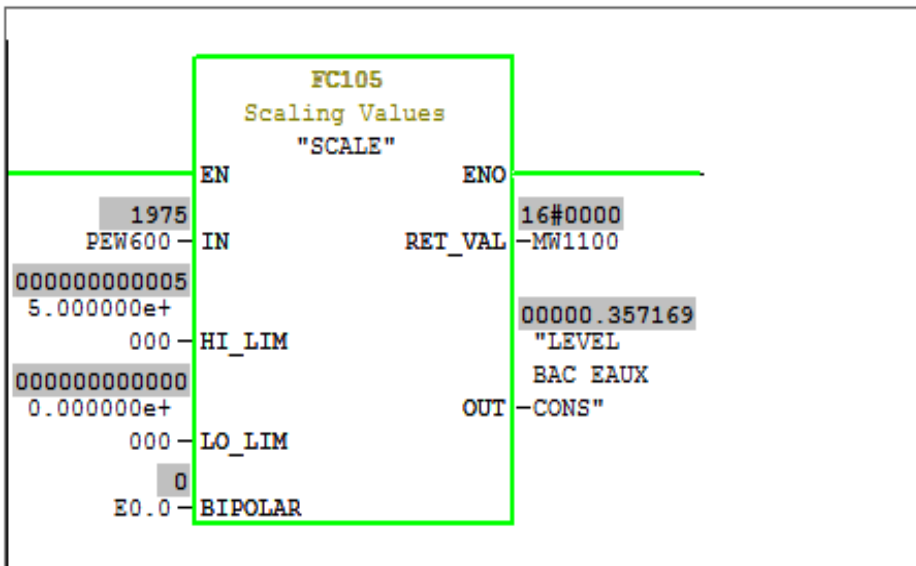


Fig. IV.8. Page d'alarme représentant des alarme niveaux haut et très haut bac consommation.

Réseau 12: level bac eaux

Commentaire :



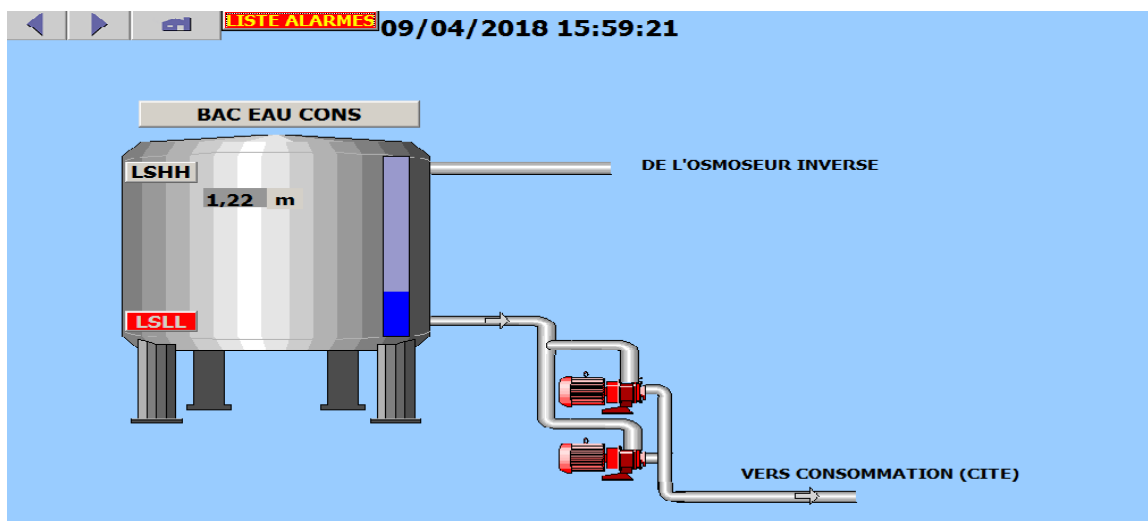
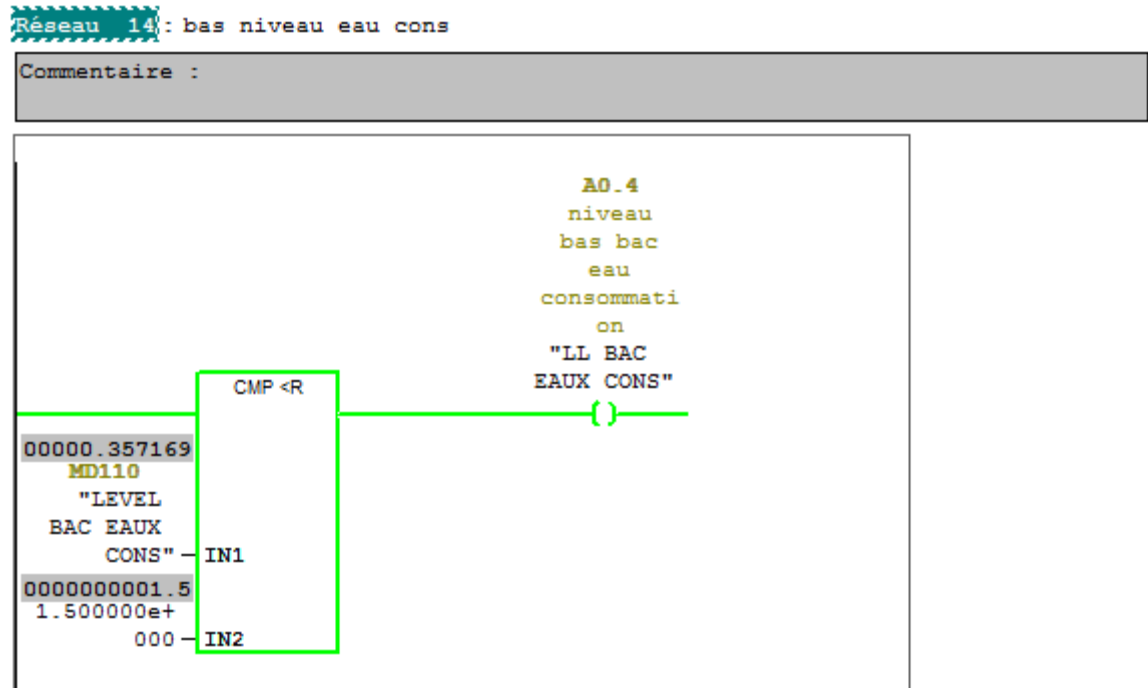


Fig. IV.9. Alarme niveau très bas bac consommation.

Cette alarme de très bas niveau bac consommation engendre l'arrêt de la pompe de distribution et n'affecte en aucun cas le fonctionnement de l'unité.



Fig. IV.10. Page d'alarme niveau bas et très bas bac de consommation.

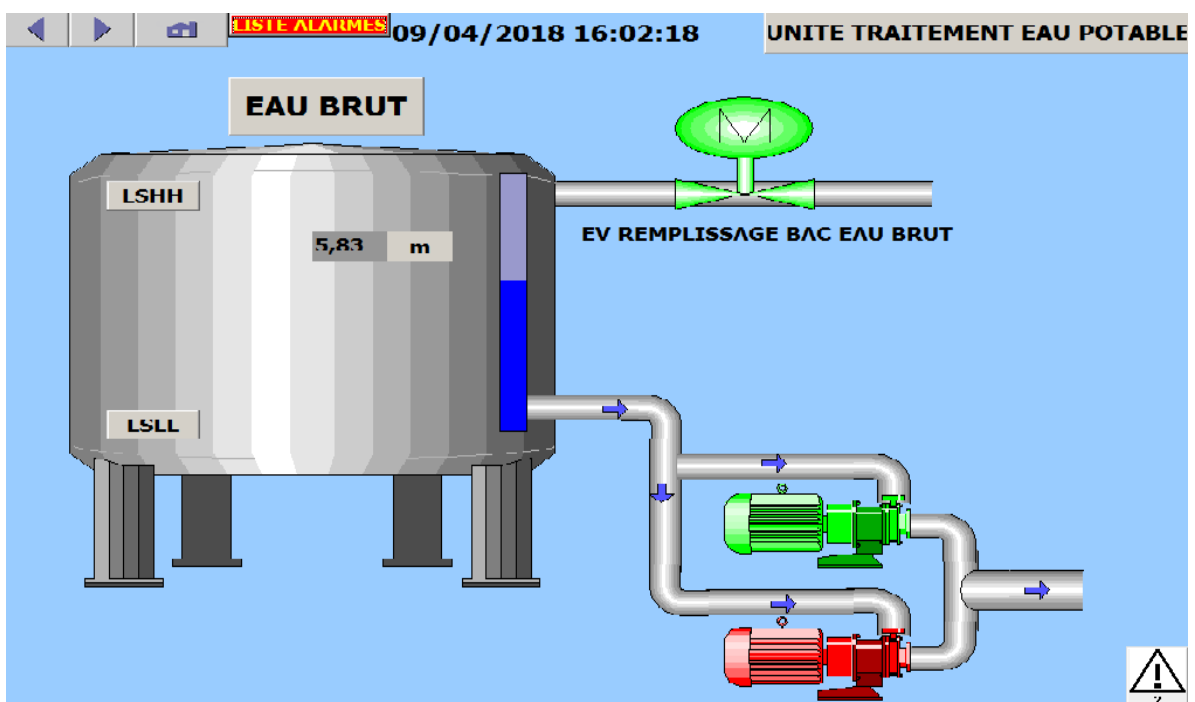
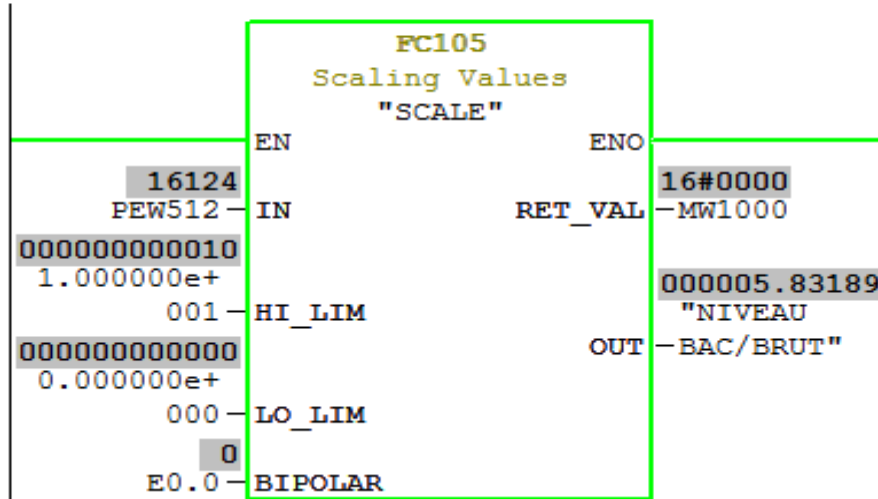


Fig. IV.11. Fonctionnement normal du bac eau brute.

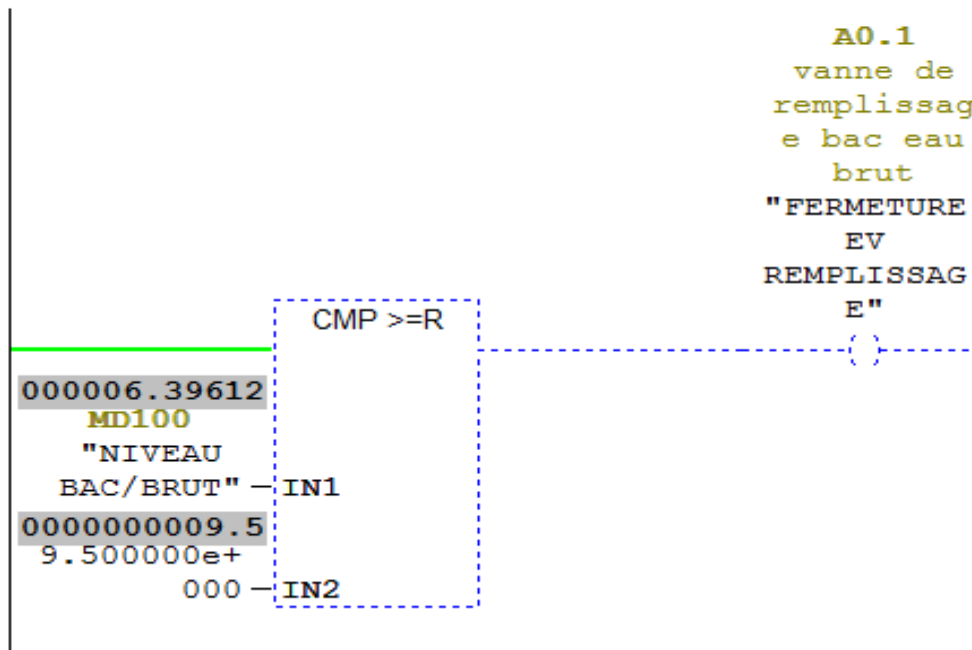
Réseau 1: niveau bac eaux brut

Commentaire :



Réseau 3: NIVEAU HAUT BAC EAUX BRUT

Commentaire :



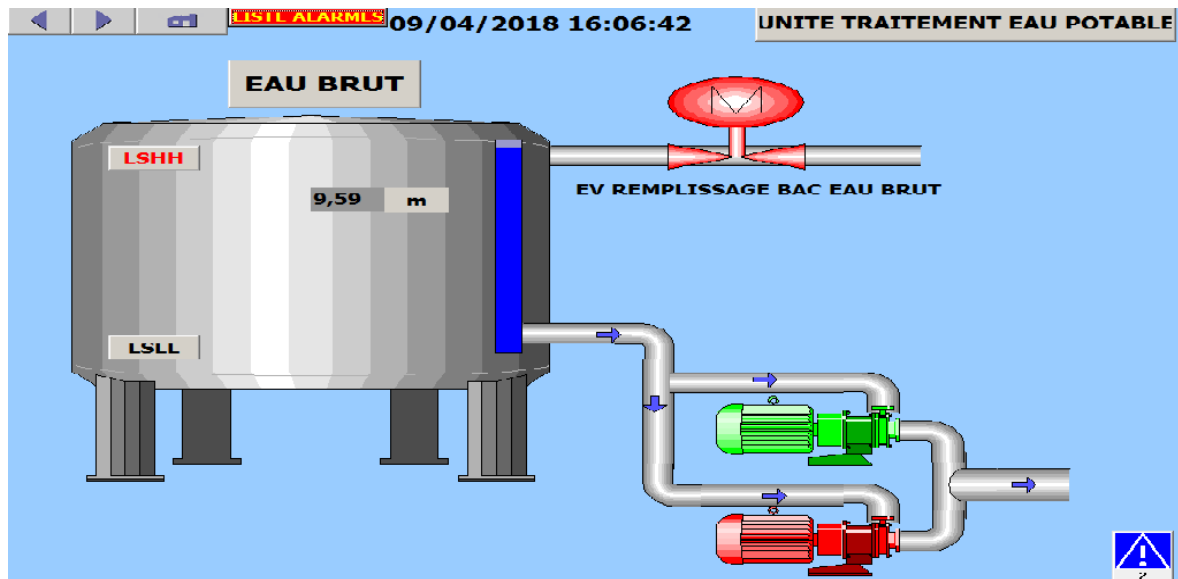
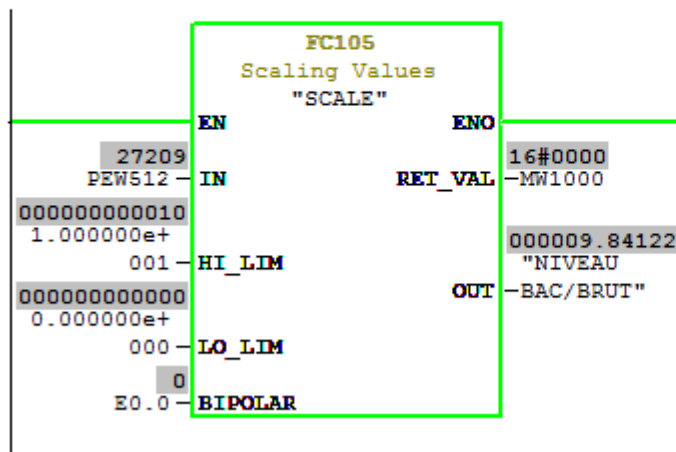


Fig. IV.12. Alarme niveau très haut bac eau brute.

L'alarme niveau très haut bac eau brute engendre automatiquement la fermeture de la vanne de remplissage et n'affecte pas le fonctionnement de l'unité.

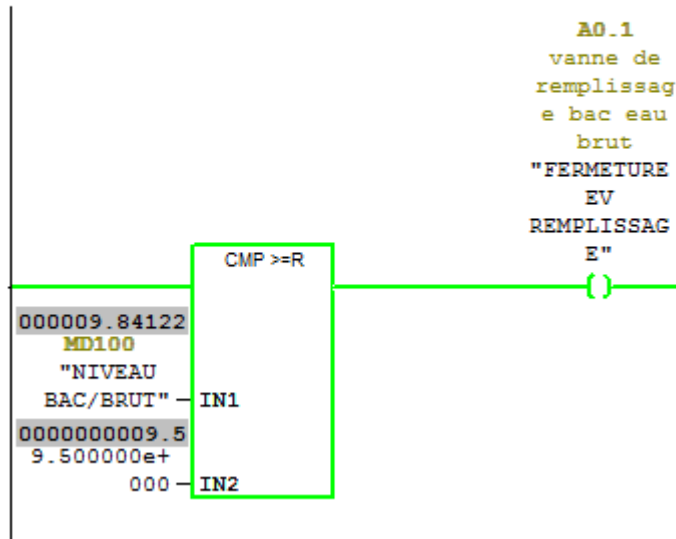
Réseau 1 : niveau bac eaux brut

Commentaire :



Réseau 3 : NIVEAU HAUT BAC EAUX BRUT

Commentaire :



LISTE ALARMES 09/04/2018 16:07:44

N°	Heure	Date	Etat	Texte	GR
! 1	16:06:27	09/04/2018	A	LAHH_bac eau brut	0
! 2	16:06:26	09/04/2018	A	LAH_bac eau brut	0

Fig. IV.13. Page d'alarme niveau haut et très haut bac eau brute.

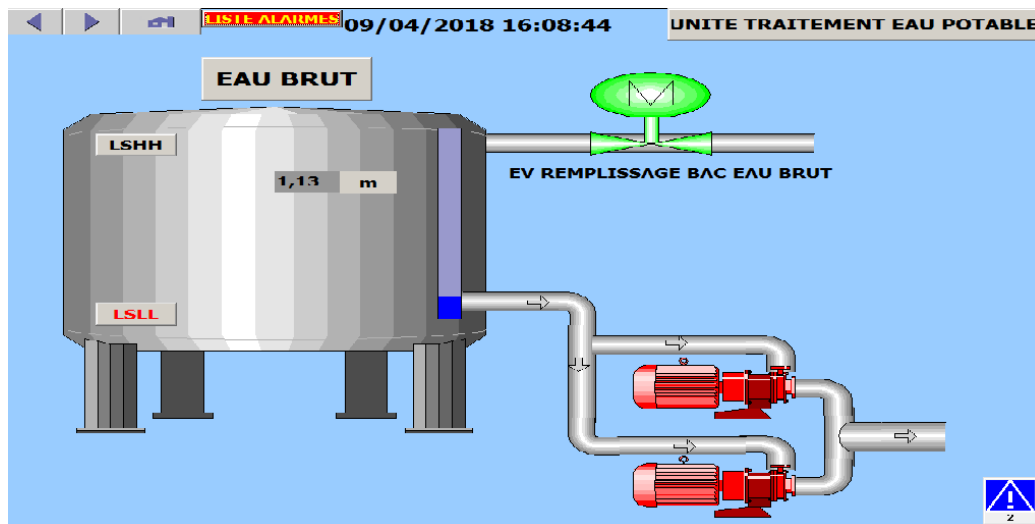
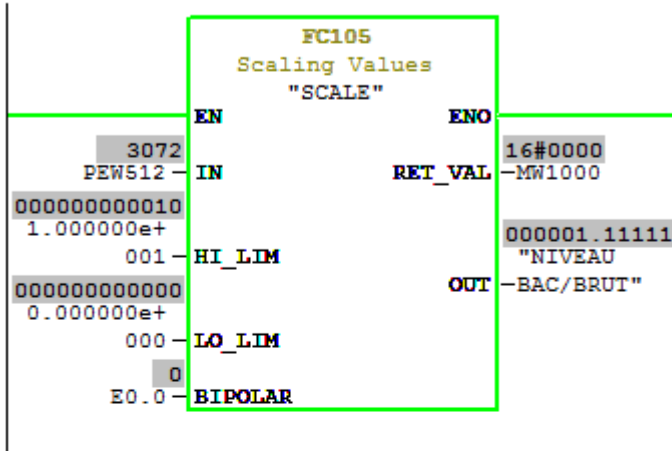


Fig. IV.14. Alarme niveau très bas bac eau brute.

Cette alarme de très bas niveau arrête automatiquement les pompes appoint jusqu'à retablisement d'un niveau suffisant pour ne pas endommager les pompes d'appoint et par conséquent l'arrêt de l'unité.

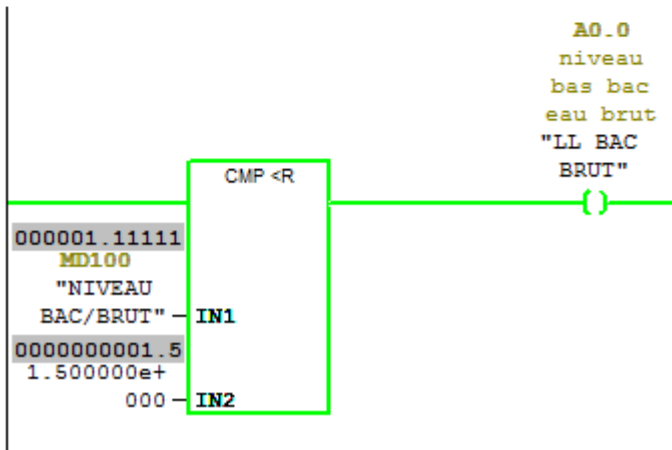
Réseau 1 : niveau bac eaux brut

Commentaire :



Réseau 2 : NIVEAU BAS BAC EAUX BRUT

Commentaire :



N°	Heure	Date	Etat	Texte	GR
4	16:08:39	09/04/2018	A	LALL_bac eau brut	0
3	16:08:38	09/04/2018	A	LAL_bac eau brut	0

Fig. IV.15. Page d'alarme niveau bas et très bas bac eau brute.

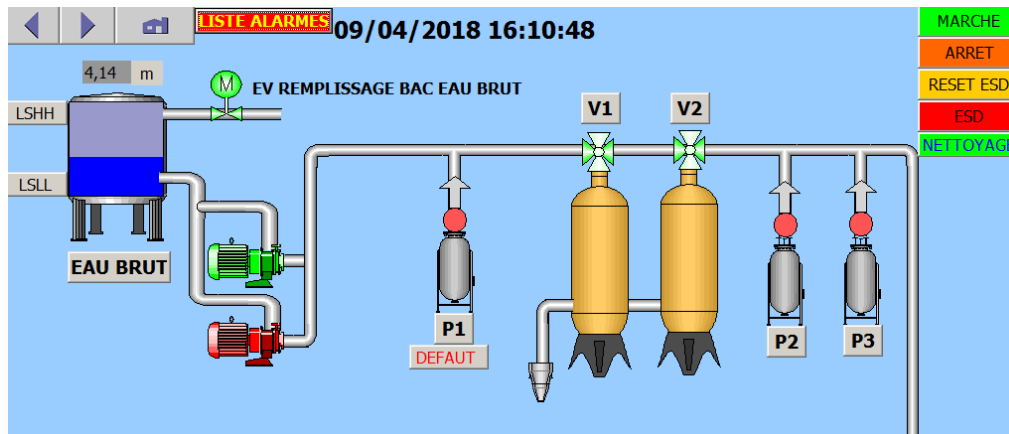
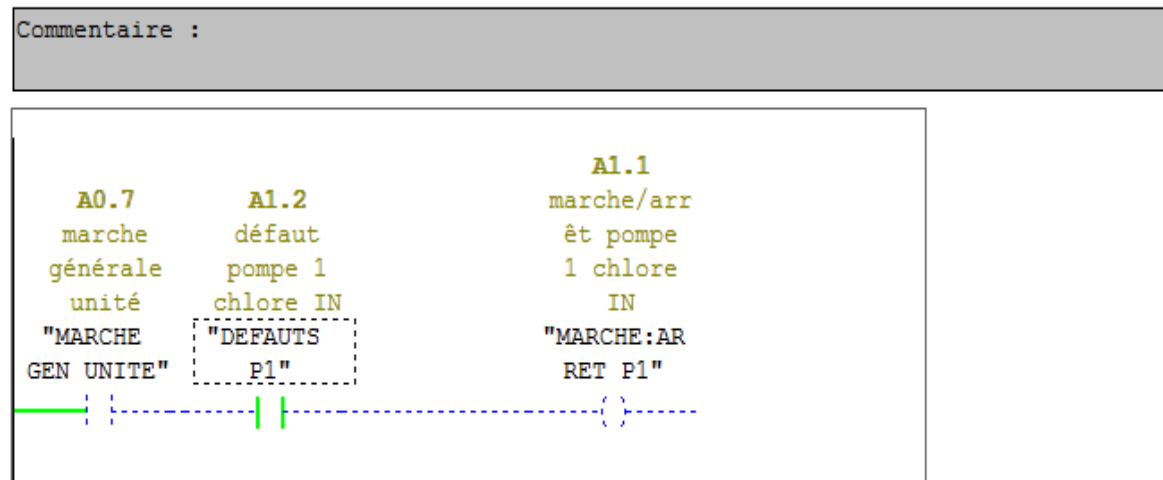


Fig. IV.16. Défaut au niveau des pompes doseuses.

Un défaut au niveau de n'importe quelle pompe doseuse de l'unité engendre automatiquement l'arrêt de l'unité.

Réseau 24: marche/arrêt p1 doseuse



Réseau 28: DEFAUTS P1

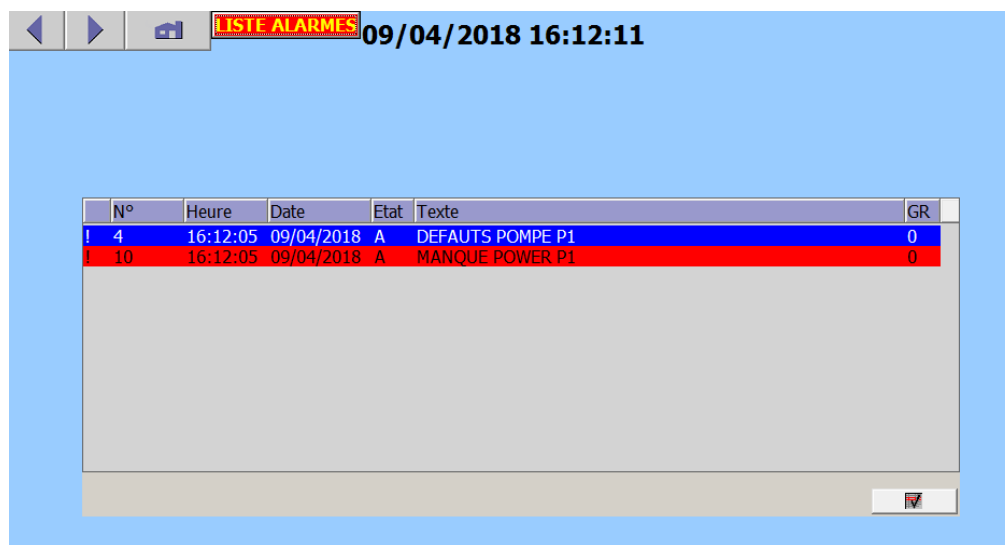
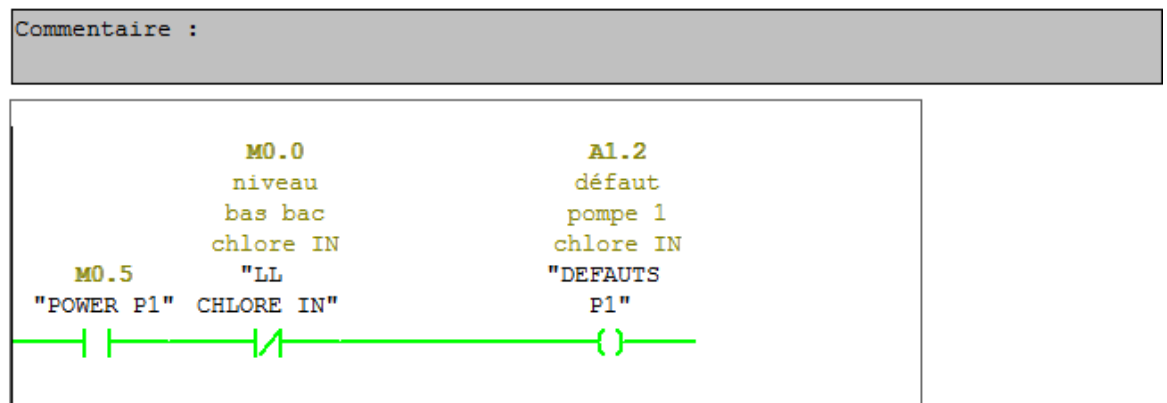


Fig. IV.17. Page d'alarme d'une pompe doseuse avec défaut manque alimentation électrique.

Réseau 28: DEFAUTS P1

Commentaire :

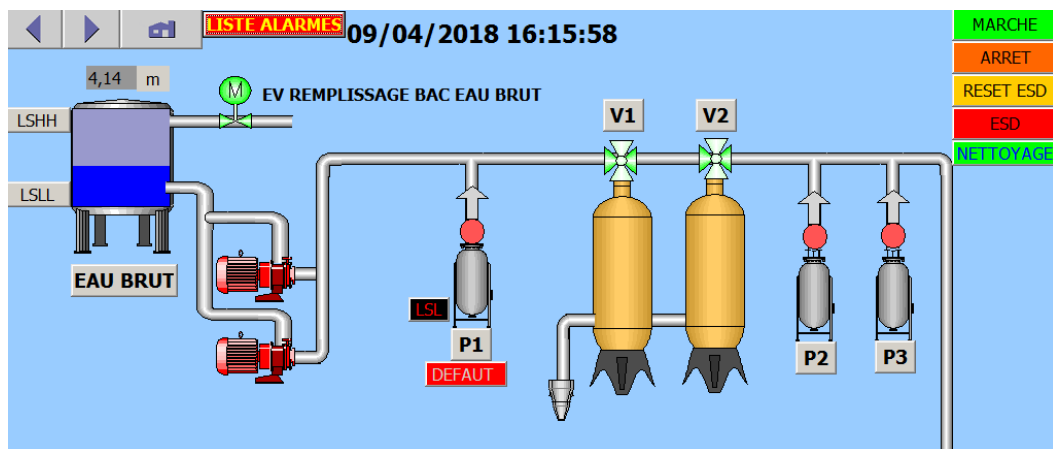
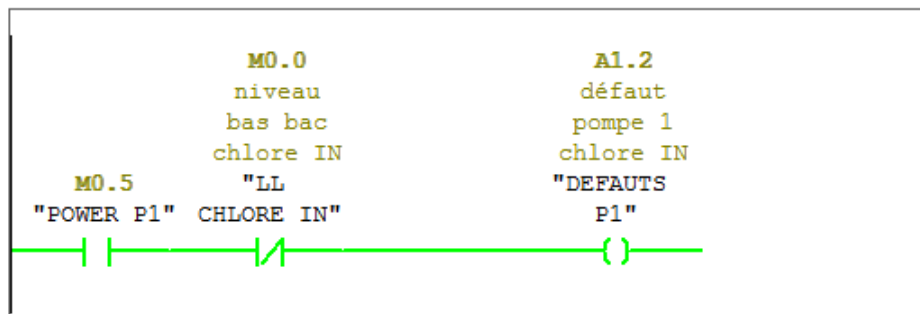


Fig. IV.18. Niveau bas produit au niveau des pompes doseuses.

Un niveau bas de produit au niveau des pompes doseuses engendre automatiquement l'arrêt de l'unité et affichage du défaut.

N°	Heure	Date	Etat	Texte	GR
4	16:15:48	09/04/2018	A	DEFAUTS POMPE P1	0
14	16:15:48	09/04/2018	A	LSL BAS NIVEAU CHLORE IN	0

Fig. IV.19. Page d'alarme défaut pompe doseuse niveau bas produit.

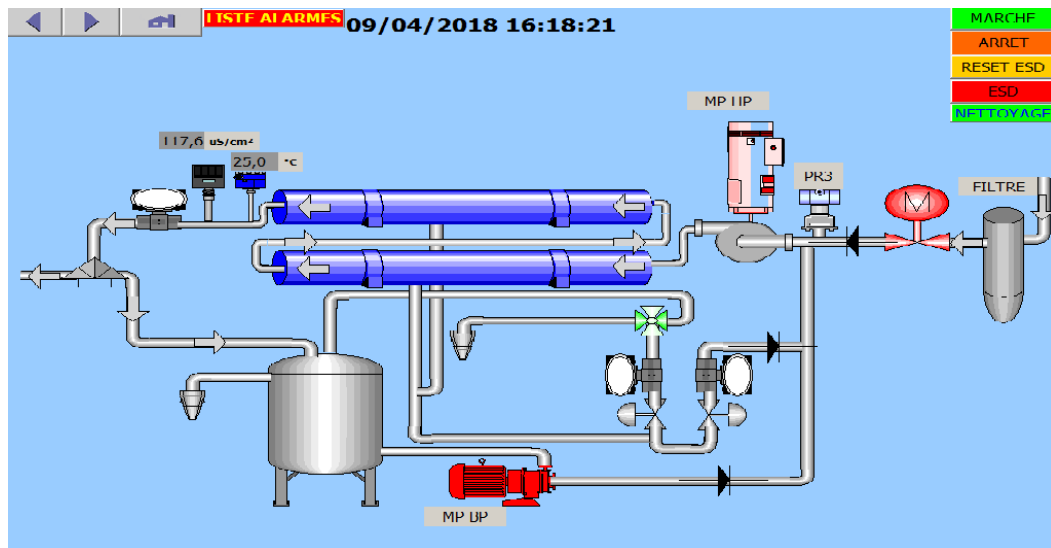


Fig. IV.20. Bloc osmose inverse avec la pompe HP et BP à l'arrêt.

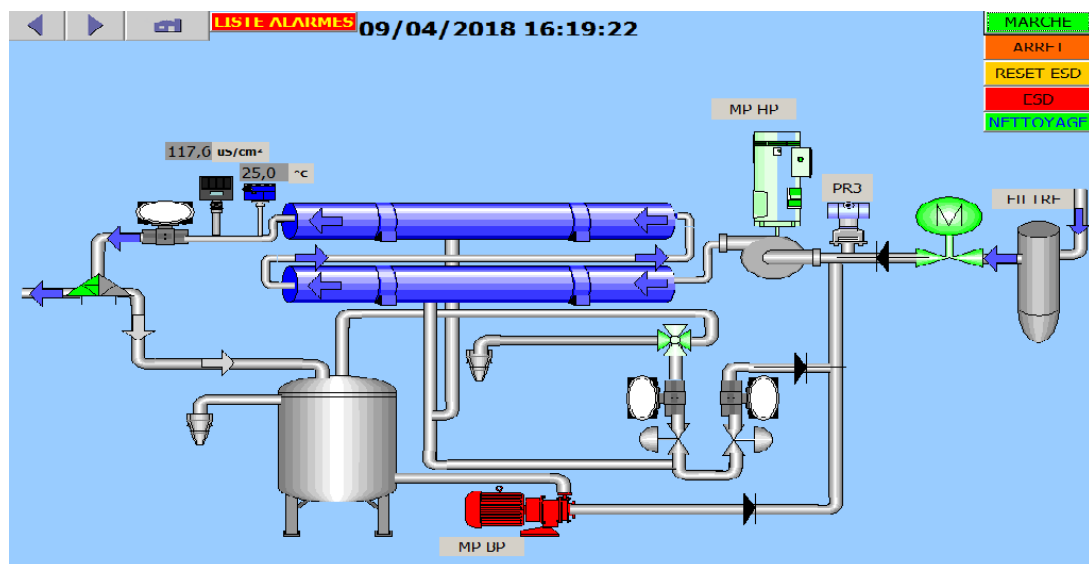


Fig. IV.21. Bloc osmose inverse en fonctionnement.

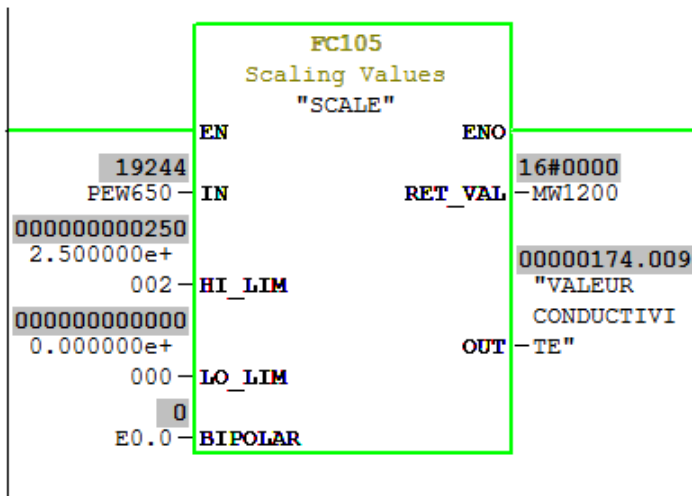
IV.10. Cycle de recyclage eau perméat

Une vanne à trois voies est commandé par l'automate dans le cas d'alarme haute conductivité qui dépasse 150 us/cm² recycle le produit jusqu'à l'obtention d'une eau au point de consigne désigné (≤ 150 us/cm²) qui sera stocké dans le bac eau consommation et par la suite distribuer vers les usagées.

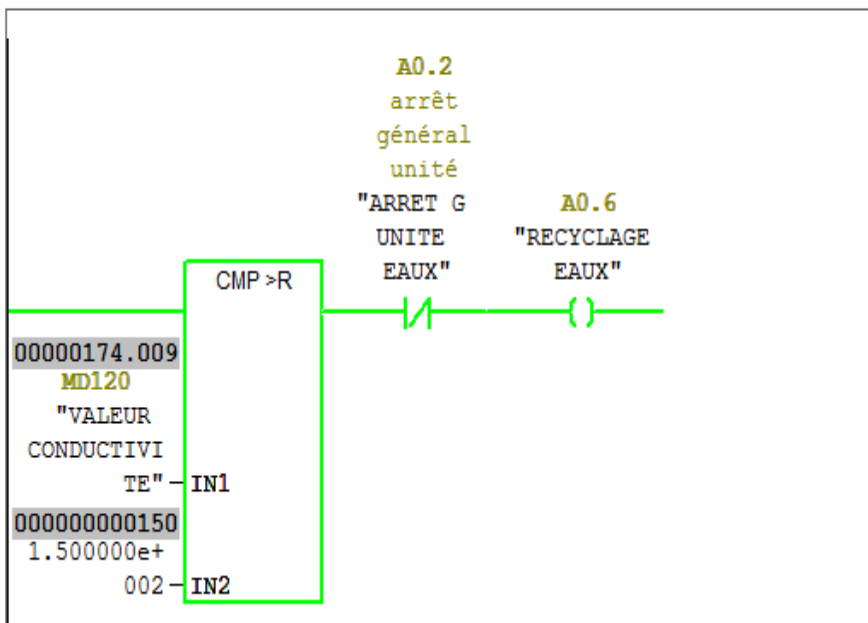
Ce recyclage est assuré par la pompe basse pression BP et la pompe haute pression HP.

Réseau 15 : MESURE CONDUCTIVITE

Commentaire :



Réseau 17 : recyclage eau



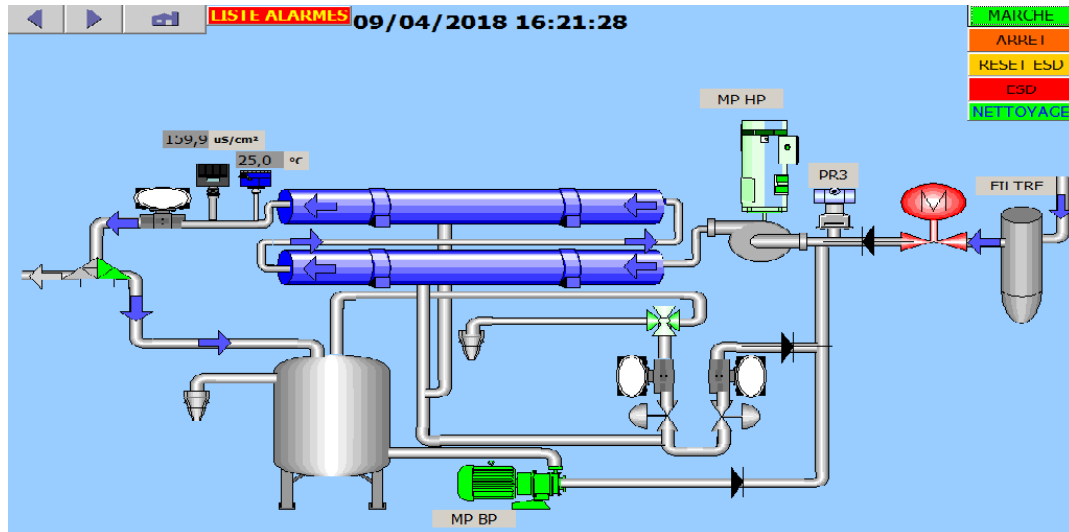


Fig. IV.22. Recyclage eau perméat.

N°	Heure	Date	Etat	Texte	GR
9	16:20:30	09/04/2018	A	HAUTE CONDUCTIVITE	0

Fig. IV.23. Alarme haute conductivité.

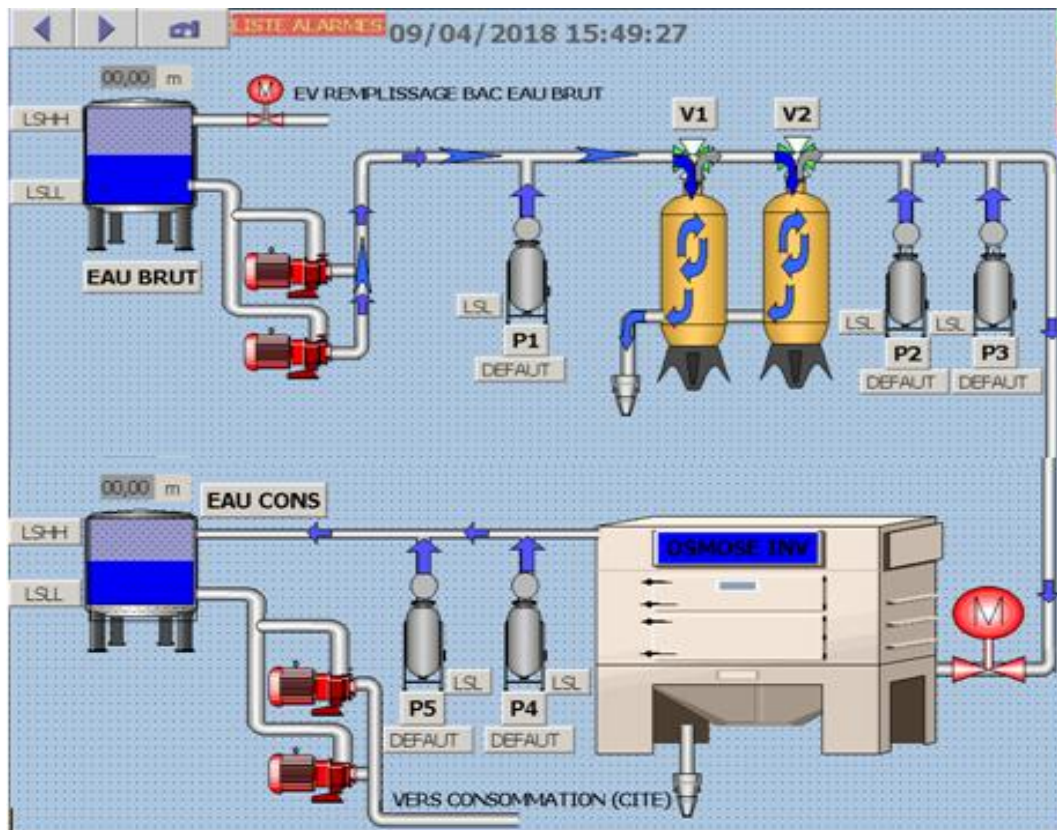


Fig. IV.24. Vue globale de l'unité avec ces différentes alarmes.

IV.11. Conclusion

Ce chapitre constitue la partie pratique du projet avec le programme et la partie de supervision au moyen d'une HMI.

On peut voir les différents cycles de traitements, passant par le cycle normal, le cycle de nettoyage et aux étapes de production d'eau dite propre à la consommation satisfaisant des conditions prédéfinies ainsi que les alarmes du procédé et tous les conditions d'arrêt d'urgence.

Conclusion générale

L'automatisation des procédés industriels c'est avéré indispensable de jour en jour, c'est dans ce sens que l'on a pensé à moderniser l'unité de traitement d'eau d'osmose inverse de la station de pompage numéro 2 de la direction régionale Bejaia par un automate de type siemens S7-300.

Les eaux de la région de Biskra sont excessivement minéralisées avec un Ph avoisinant la neutralité et cette eau à un goût fade et parfois salé qui laissent la plupart des consommateurs se retourner vers les citernes d'eaux potables pour leurs consommations.

Le traitement d'eau par la technique d'osmose inverse a prouvé son efficacité au fil du temps et de plus en plus d'industriels l'ont adopté, la préférant à d'autres techniques dont les coûts sont sensiblement inférieurs, ce projet ouvre une base forte et d'autres perspectives pour le contrôle de ses techniques par la logique floue où autres méthodes .

Dans ce modeste travail, on a voulu présenter cette technique pour qu'elle puisse donner des idées dans le futur proche afin de voir s'implémenter pas mal d'unités de ce type dans notre pays et spécialement dans notre région pour subvenir à la demande croissante d'eau de très bonne qualité .

Références bibliographiques

- [1] HECTOR, Ricardo Hernandez de Leon. Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable. Automatique / Robotique. France. 2006.
- [2] BERLAND , Jean-Marc. JUERY, Catherine. Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau. France. Décembre 2002.
- [3] METAICHE, Mehdi . Technologie membranaire. Université de Bouira. Juin 2014.
- [4] BACCHINE , Patrice. Principes de bases de la filtration membranaire. France.
- [5] BESSEDIK, madani. Traitement de l'eau II. Université de Tlemcen
- [6] ROBERT C., Andrews. Procédés membranaires. Université de Toronto. Canada. 2016.
- [7] AQUA BRIO. Osmose inverse. Comment fonctionne l'osmose inverse.[0'43'']. Disponible sur:< <https://www.youtube.com/watch?v=sdmHkV4Eb-Q>>. (27 mai 2017).
- [8] SAGNE, Camille. Génie des procédés. l'Université de Montpellier II. France. 4 avril 2008.
- [9] MEADOWS, Ben. Tech info. Disponible sur:< <https://www.benmeadows.com/refinfo/techfacts/techpdf/DefinitionofpHandpHTestingTools-149.pdf>>.
- [10] Documentation technique prominent. Notice d'emploi Unité de traitement d'eau SP2.
- [11] HYDRO Quebec. Automates programmable industriels. Disponible sur :<<http://www.hydroquebec.com/data/affaires/pdf/2014G1547F-automates-programmables-fr.pdf>>
- [12] Ir, H LECOCQ. Les automates programmables. Université de Liège. France.

Références bibliographiques

- [13] HAMOUCI, F. Travaux Pratique. Kasbi merbah university Ouargla. Année universitaire 2014/2015.
- [14] CHATELAIN, Véronique. LAFAY, Raymond. Technical presentation WinCC flexible le nouveau logiciel HMI de siemens. Zurich. 2005.
- [15] Programmation d'automate. Startup avec STEP 7. Document de formation T I A Module A3 Edition 05/2004. France. 05/2005.
- [16] Automatisation et technique des commandes. SCE dunod.
- [17] GONZAGA , Alain. Les automates programmables industriels. Disponible sur : <http://www.geea.org/IMG/pdf/LES_AUTOMATES_PROGRAMMABLES_INDUSTRIELS_pour_GEEA.pdf>.
- [18] PAMELARD, I. Les automates industriels programmables. Disponible sur : <[http://pamelard.electro.pagesperso-orange.fr/fichier/pdf/automatisme/Les automates industriels programmables elev.pdf](http://pamelard.electro.pagesperso-orange.fr/fichier/pdf/automatisme/Les%20automates%20industriels%20programmables%20elev.pdf)>. 20 Décembre 2017.
- [19] HISLCHER. Installation Guide Bridge. Guide Protocol conversion Modbus RTU to PROFIBUS-DP Master for PKV 20-DPM / PKV 20-PB. Germany. 57P.
- [20] MELLAL, Nour el houda. Hydraulique Agricole Contribution à l'étude d'une station de dessalement par osmose inverse cas de la station. Ain bénian Alger. 15/12/2011.
- [21] SONATRACH. Station de pompage N°2 DRGB. Documentation technique. Biskra.
- [22] Prominent. Notice d'emploi station de traitement d'eau. Documentation technique prominent SP2. 2008.
- [23] SIEMENS. « S7PLCSIM, Testez vos programmes ». SIMATIC. 2008.
- [24] SIEMENS. Supervision de process avec Plant Intelligence Brochure Siemens AG. SIMATIC WinCC. Avril 2009.
- [25] KANDI, N et L, DJEMA. Seminaire sur API et DCS. IAP-CU. Boumerdes. 2006

Références bibliographiques

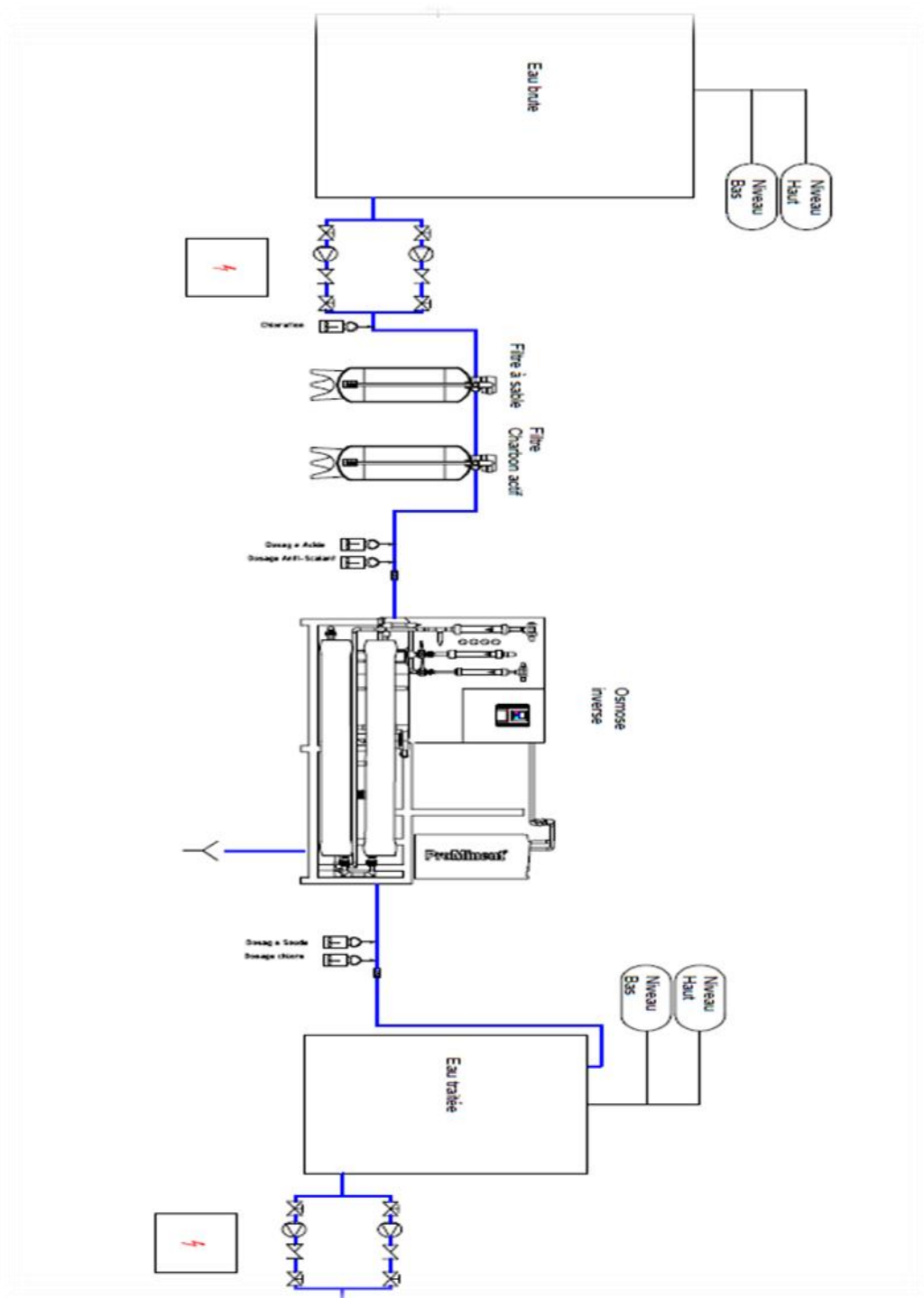
[26] HAKMI, Abdellatif. Traitement de l'eau de source. Université des sciences et de la technologie. Oran. Bousfer 2006

[27] MONROSE, Thomas..ext. TPE station de désalement. 14 Février 2017. Disponible sur :<<https://tpestationdedessalement.wordpress.com/2017/02/14/pre-traitement/>>(Consulté le 11 janvier 2018.)

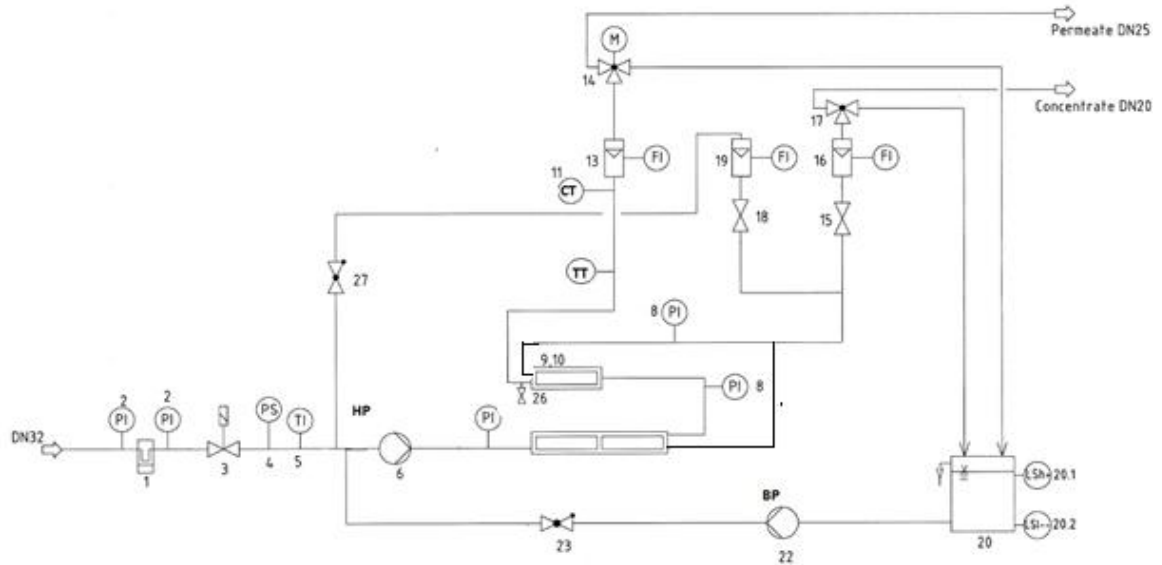
ANNEXES

A&B

Annexe A :



A-1 P&ID de l'unité d'osmose inverse.

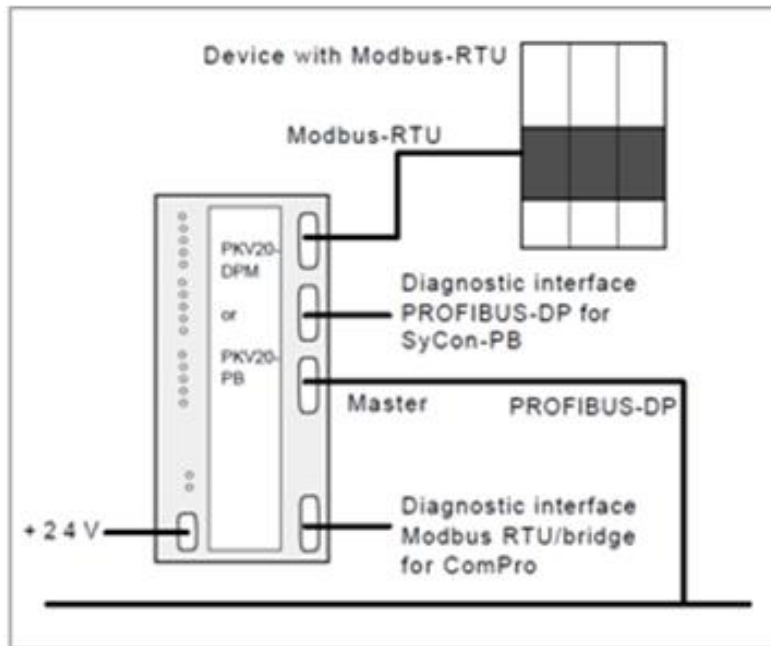


A-2 P&ID de module d'osmose inverse.

- 1.filtre
- 2.manomètres
- 3.electro-vanne inlet
- 4.pressostat(pressure switch)
- 5.indicateur de température
- 6.pompe HP
- 8.indicateurs de pression
- 9.transmetteur de température
- 11.transmetteur de conductivité
- 22.pompe BP
- 20.bac de recyclage



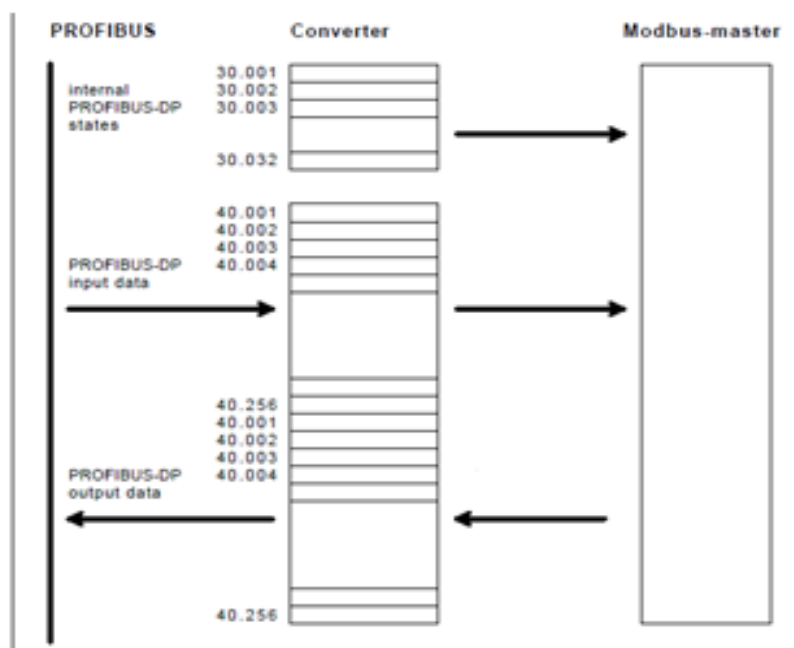
A-3 Manomètre mesure de pression



A-4 Connection du module Mdbus RTU au convertisseur PKV20-DPM où PKV20-PB

DP - word address in the shared memory	Modbus-address
IW 0	40.001
IW 1	40.002
IW 2	40.003
...	...
IW 255	40.256
QW 0	40.001
QW 1	40.002
QW 2	40.003
...	...
QW 255	40.256

A-5 Mapping of the PROFIBUS-DP addresses on the Modbus addresses for the PKV 20-PB



A-6 Échange de données entre le protocole de conversion et l'équipement Modbus maître

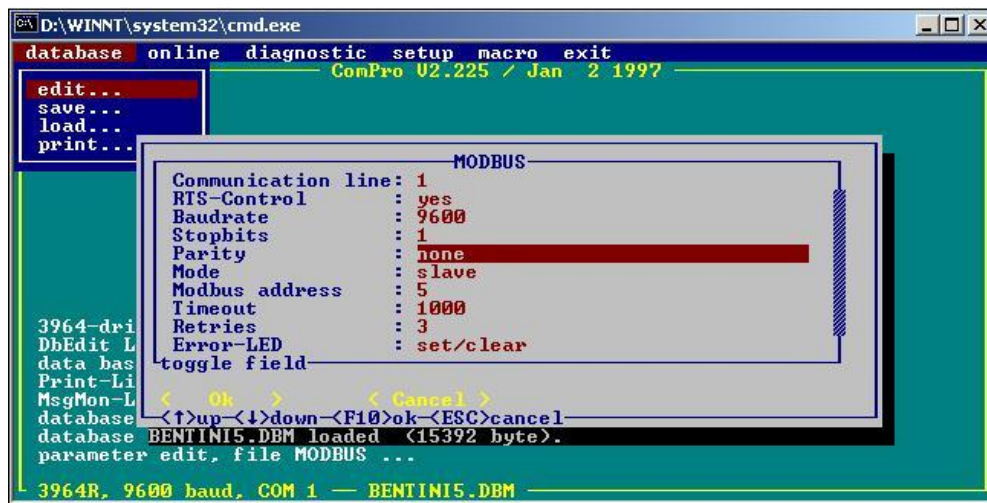
A-7 IW06 40007 Divers Alarme word

Bit	Signification	Bit = 0	Bit = 1
0	MARCHE UNITE	0 = ARRET	1 = MARCHE
1	MARCHE/ARRET BP	0 = ARRET	1 = MARCHE
2	DEFAUT POMPE BP	0 = OK	1 = ALARME
3	MANQUE POWER BP	0 = OK	1 = ALARME
4	MARCHE:ARRET P 1	0 = ARRET	1 = MARCHE
5	MANQUE POWER P 1	0 = OK	1 = ALARME
6	LL CHLORE IN	0 = OK	1 = ALARME
7	MARCHE:ARRET P 2	0=ARRET	1=MARCHE
8	MANQUE POWER P 2	0 = OK	1 = ALARME
9	LL ACIDE	0 = OK	1 = ALARME
10	MARCHE/ARRET P 3	0 = ARRET	1 = MARCHE
11	LL ANTI SCALANT	0 = OK	1 = ALARME
12	MANQUE POWER P 3	0 = OK	1 = ALARME
13	MARCHE/ARRET P 4	0 = ARRET	1 = MARCHE
14	LL CHLORE OUT	0= OK	1=ALARME
15	MANQUE POWER P 4	0=OK	1=ALARME

A-8 IW07 40008 Divers Alarme Trip word 2

Bit	Signification	Bit = 0	Bit = 1
0	MARCHE/ARRET P 4	0 = ARRET	1 = MARCHE
1	LL base P 5	0 = OK	1 = ALARME
2	MANQUE POWER P 5	0 = OK	1 = ALARME
3	MARCHE/ARRET HP	0 = ARRET	1 = MARCHE
4	DEFAUTS POMPE HP	0 = OK	1 = ALARME
5	MANQUE POWER POMPE HP	0 = OK	1 = ALARME
6	ARRET D'URGENCE ESD	0 = OK	1 = ALARME
7	O /F VANNE REMPLISSAGE BAC EAU BRUT	0 = OK	1 = ALARME
8	OUVERTURE INLET V EAU	0 = OK	1 = ALARME
9	NETTOYAGE SABLE CHARBON	0 = OK	1 = ALARME
10	RECYCLAGE EAU	0 = OK	1 = ALARME
11	LL BAC EAUX CONSOMMATION	0 = OK	1 = ALARME
12	HL BAC EAUX CONSOMMATION	0 = OK	1 = ALARME
13	LL BAC BRUT	0 = OK	1 = ALARME
14		0 = OK	1 = ALARME
15		0 = OK	1 = ALARME

Fenêtre logiciel ComPro pour configuration convertisseur de protocole maitre où esclave



A-9 Modbus Hilscher slave Configuration

E NREGISTREMENT / SYSTEME QUALITE		Page 1 sur 1
BULLETIN D'ANALYSE CHIMIQUE D'EAU		IM -SQ 26
LABORATOIRE		Date : 21/01/2012
Demandeur	SONATRACH SP N° 02 BISKRA	
Type d'eau	Eau de Forage (flacon sans chlore)	
Lieu de prélèvement	SP N° 02 BISKRA -Eloutaya-	
Date de réception	17/01/2012	
Date d'analyse	18/01/2012	
RESULTAT D'ANALYSE en (mg / litre)		
Désignation	FORMULE CHIMIQUE	RESULTATS D'ANALYSES en mg/l
Calcium	Ca ⁺²	113.20
Magnesium	Mg ⁺²	47.6
Sulfate	SO ₄ ⁻²	562.7
Carbonate	CO ₃ ⁻²	/
Bicarbonate	HCO ₃ ⁻¹	103.7
Chlorure	Cl-	479.5
Ssodium	Na ⁺	310.66
Titre hydrotémitrique	TH (F°)	47.81
Potentiel d'hydrogène	pH	7.90
LE DIRECTEUR		LE RESPONSABLE DE LABORATOIRE

A-10 Analyse medical eau de puit SP2 El-Outaya Biskra

Annexe B

B-1 tableaux Mnémoniques

SIMATIC UNITE EAUX 0\Station SIMATIC 300\ 10/04/2018 08:37:49
CPU315-2 PN/DP(1)\Programme S7(1)\Mnémoniques

Propriétés de la table des mnémoniques

Nom : Mnémoniques
Auteur :
Commentaire :
Date de création : 30/07/2017 15:37:04
Dernière modification : 10/04/2018 08:36:50
Dernier filtre sélectionné : Tous les mnémoniques
Nombre de mnémoniques : 79/79
Dernier tri : Mnémonique ordre croissant

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	ALARME1	MW 124	WORD	
	ALARME10	MW 142	WORD	
	ALARME11	MW 144	WORD	
	ALARME12	MW 146	WORD	
	ALARME2	MW 126	WORD	
	ALARME3	MW 128	WORD	
	ALARME4	MW 130	WORD	
	ALARME5	MW 132	WORD	
	ALARME6	MW 134	WORD	
	ALARME7	MW 136	WORD	
	ALARME8	MW 138	WORD	
	ALARME9	MW 140	WORD	
	animation nettoyage	A 8.0	BOOL	Cycle nettoyage filtres à sable et à charbon
	ARRET G UNITE EAUX	A 0.2	BOOL	arrêt général unité
	ARRET NORMAL UNITE	M 2.4	BOOL	Bouton arrêt unité
	BP MARCHÉ UNITE	M 0.4	BOOL	Bouton marche unité
	Cycle Execution	OB 1	OB 1	
	DEFAULT P3	A 1.5	BOOL	défaut pompe 3 anti-scalant
	DEFAULT POMPE BP	A 3.3	BOOL	défaut pompe basse pression
	DEFAULTS HP	A 2.3	BOOL	défaut pompe haute pression
	DEFAULTS P1	A 1.2	BOOL	défaut pompe 1 chlore IN
	DEFAULTS P2	A 1.3	BOOL	défaut pompe 2 acide
	DEFAULTS P4	A 1.7	BOOL	défaut pompe 4 chlore OUT
	defaults P5	A 8.1	BOOL	défaut pompe 5 base
	EAUX VERS BAC CONS	A 0.5	BOOL	
	ESD	M 2.5	BOOL	arrêt d'urgence unité
	FERMETURE EV REMPLISSAGE	A 0.1	BOOL	vanne de remplissage bac eau brut
	HL BAC EAUX CONS	A 0.3	BOOL	niveau haut bac eau perméat
	LEVEL BAC EAUX CONS	MD 110	REAL	
	LL ACIDE	M 0.1	BOOL	niveau bas bac acide
	LL ANTI SCALANT	M 0.2	BOOL	niveau bas bac anti-scalant
	LL BAC BRUT	A 0.0	BOOL	niveau bas bac eau brut
	LL BAC EAUX CONS	A 0.4	BOOL	niveau bas bac eau consommation
	LL base P5	M 5.3	BOOL	niveau bas bac base
	LL CHLORE IN	M 0.0	BOOL	niveau bas bac chlore IN
	LL CHLORE OUT	M 0.3	BOOL	niveau bas bac chlore OUT
	MANQUE POWER BP	MW 150	WORD	manque alimentation électrique pompe basse pression
	MANQUE POWER HP	MW 148	WORD	manque alimentation électrique pompe haute pression
	MANQUE POWER P1	MW 152	WORD	manque alimentation électrique pompe 1 chlore IN
	MANQUE POWER P2	MW 154	WORD	manque alimentation électrique pompe 2 anti-scalant
	MANQUE POWER P3	MW 156	WORD	manque alimentation électrique pompe 3 acide

SIMATIC

UNITE EAUX 0\Station SIMATIC 300\
CPU315-2 PN/DP(1)\Programme S7(1)\Mnémoniques

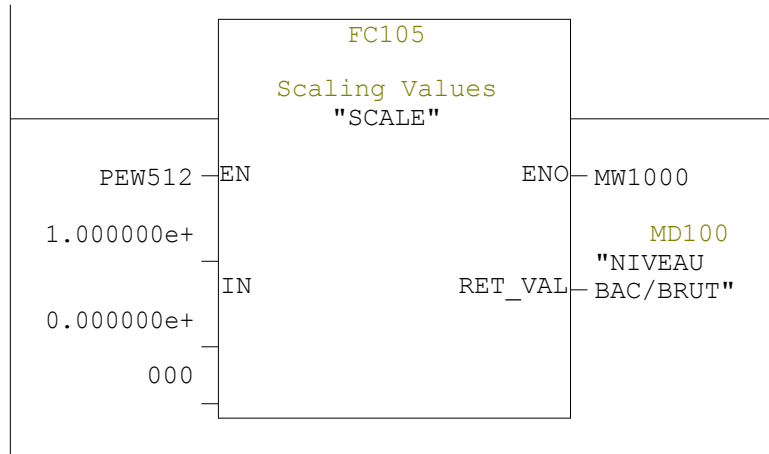
10/04/2018 08:37:50

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	MANQUE POWER P4	MW 158	WORD	manque alimentation électrique pompe 4 chlore OUT
	manque power P5	MW 170	WORD	manque alimentation électrique pompe 5 base
	MARCHE GEN UNITE	A 0.7	BOOL	marche générale unité
	MARCHE/ARRET BP	A 3.2	BOOL	marche/arrêt pompe basse pression
	MARCHE/ARRET HP	A 2.4	BOOL	marche/arrêt pompe haute pression
	MARCHE/ARRET P3	A 1.6	BOOL	marche/arrêt pompe 3 acide
	MARCHE/ARRET P4	A 2.0	BOOL	marche/arrêt pompe 4 chlore OUT
	marche/arrêt P5	A 9.0	BOOL	marche/arrêt pompe 5 base
	MARCHE:ARRET P1	A 1.1	BOOL	marche/arrêt pompe 1 chlore IN
	MARCHE:ARRET P2	A 1.4	BOOL	marche/arrêt pompe 2 anti-scalant
	NETTOYAGE	M 3.2	BOOL	
	NETTOYAGE S CHAR	A 3.7	BOOL	
	NIVEAU BAC/BRUT	MD 100	REAL	
	NIVEAU BAS ACIDE	MW 162	WORD	
	NIVEAU BAS ANTI-SCALANT	MW 164	WORD	
	niveau bas bac base	MW 172	WORD	
	NIVEAU BAS CHLORE IN	MW 160	WORD	
	NIVEAU BAS CHLORE OUT	MW 166	WORD	
	OFF	A 3.6	BOOL	
	ON UNITE APRES PAUSE	A 6.0	BOOL	redémarrage après fin nettoyage
	OUVERTURE INLET V EAU	A 3.5	BOOL	ouverture vanne eau
	PAUSE UNITE	M 3.1	BOOL	
	POWER P1	M 0.5	BOOL	
	POWER P2	M 0.6	BOOL	
	POWER P3	M 0.7	BOOL	
	POWER P4	M 1.0	BOOL	
	power P5	M 5.2	BOOL	
	POWER POMPE BP	M 3.0	BOOL	
	POWER POMPE HP	M 2.0	BOOL	
	PRESSOSTAT	MW 168	WORD	
	PRESSOSTAT PR3	M 2.1	BOOL	
	RECYCLAGE EAUX	A 0.6	BOOL	
	RESET ESD	M 5.0	BOOL	
	RS	M 5.1	BOOL	
	SCALE	FC 105	FC 105	Scaling Values
	TEMPERATURE EAUX	MD 1300	REAL	
	TEMPERATURE EAUX CONS	MD 760	REAL	
	VALEUR CONDUCTIVITE	MD 120	REAL	

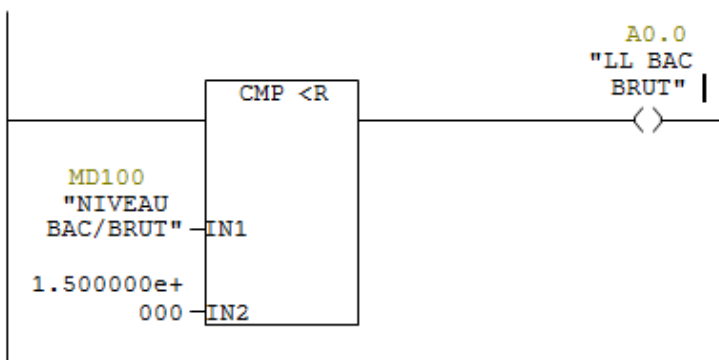
B-2 Le programme :

Bloc : OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"

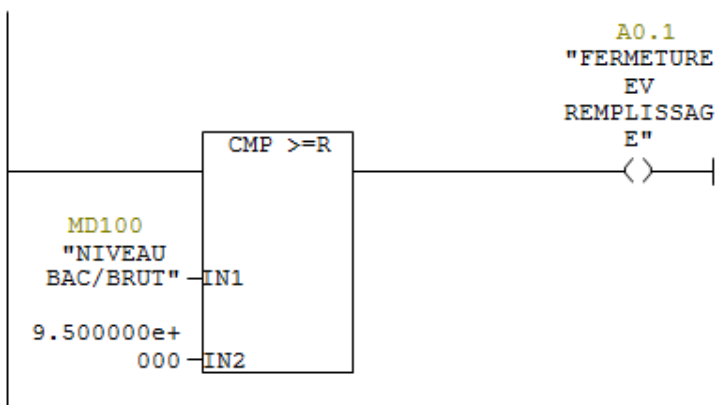
Réseau : 1 niveau bac eaux brut

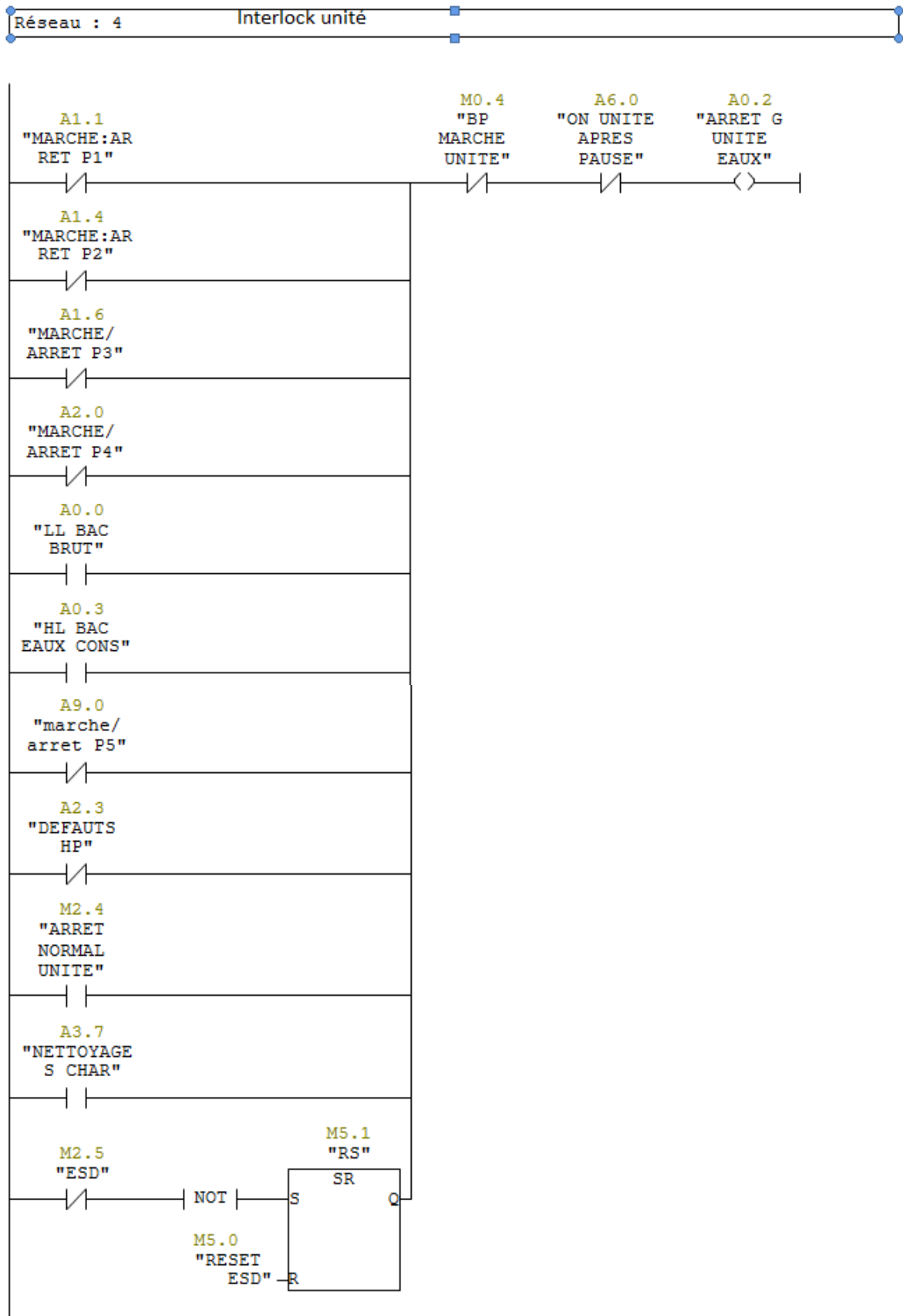


Réseau : 2 NIVEAU BAS BAC EAUX BRUT

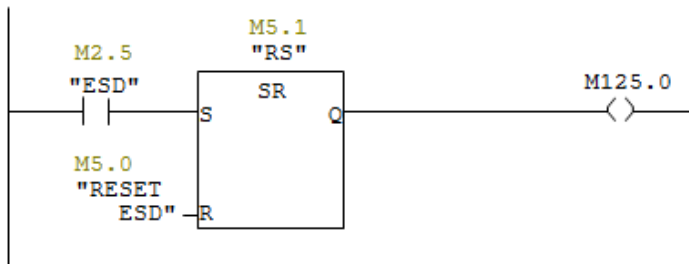


Réseau : 3 NIVEAU HAUT BAC EAUX BRUT

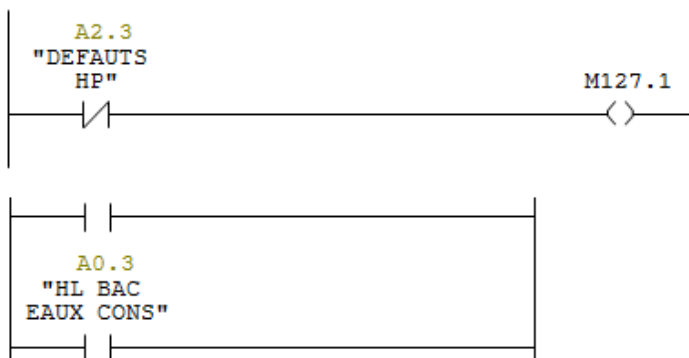




Réseau : 5 Remise a zéro ESD



Réseau : 6 ALARME POMPE HP



Réseau : 7 ALARME POMPE BP



Réseau : 8 ALARME POMPE P1



Réseau : 9 ALARME POMPE P2



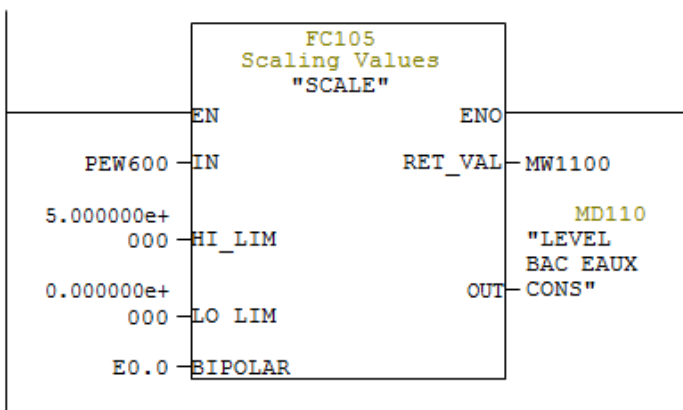
Réseau : 10 ALARME POMPE P3



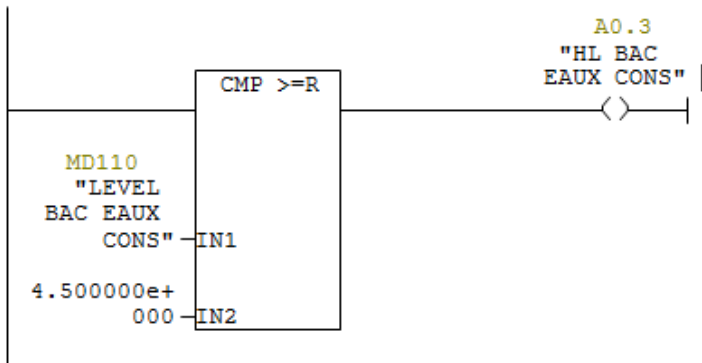
Réseau : 11 ALARME POMPE P4



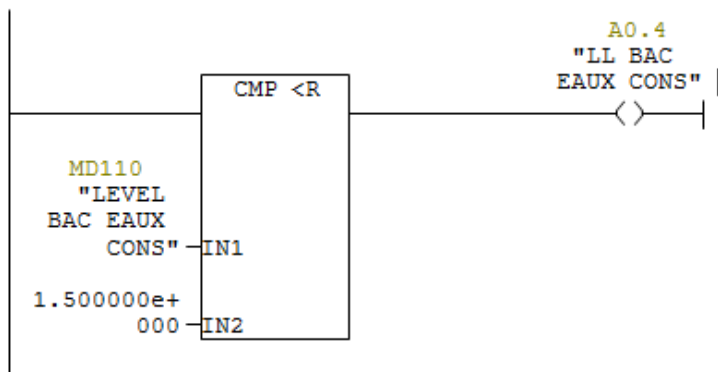
Réseau : 12 Mise a l'echelle niveau bac cons eau



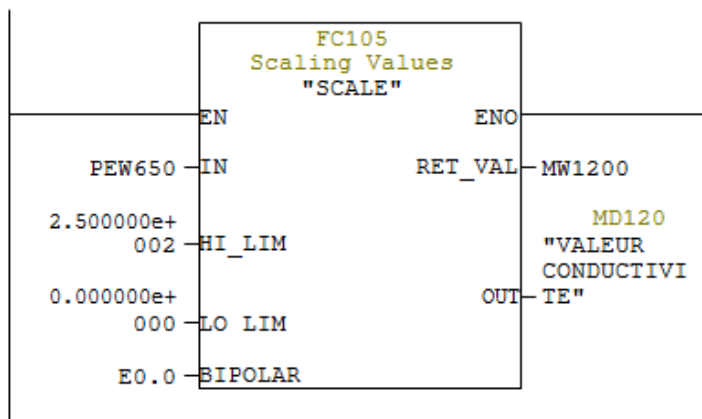
Réseau : 13 Alarme haut niveau bac cons eau



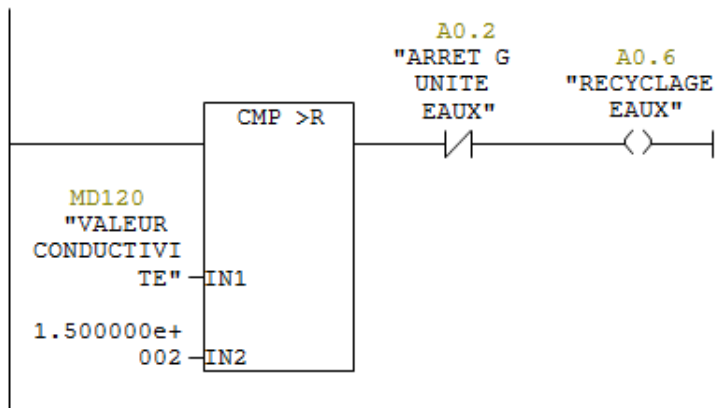
Réseau : 14 Alarme niveau bas bac cons eau



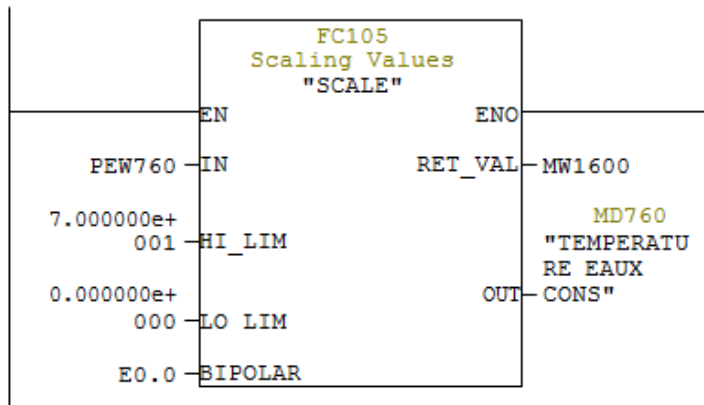
Réseau : 15 MESURE CONDUCTIVITE



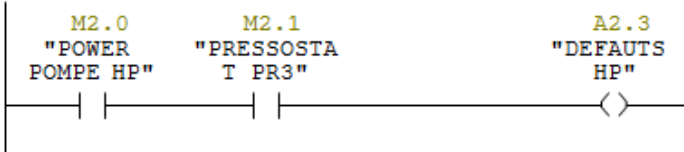
Réseau : 17 Condition de recyclage eau



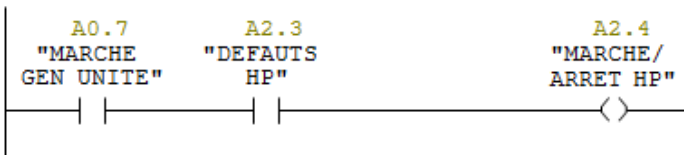
Réseau : 18 TEMPERATURE EAUX



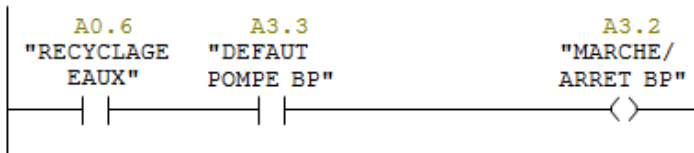
Réseau : 19 DEFAULTS HP



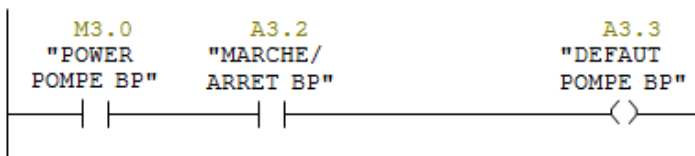
Réseau : 20 MARCHE/ARRET HP



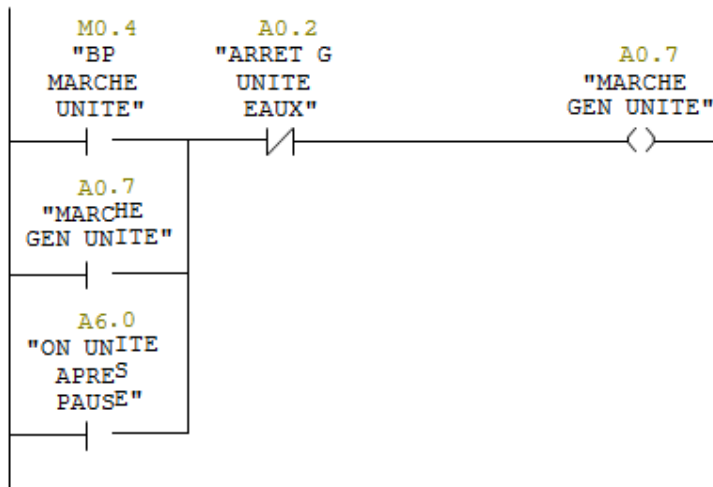
Réseau : 21 MARCHE/ARRET BP



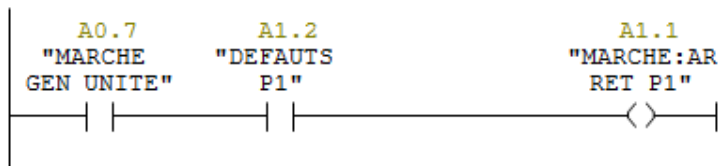
Réseau : 22 DEFAULTS BP



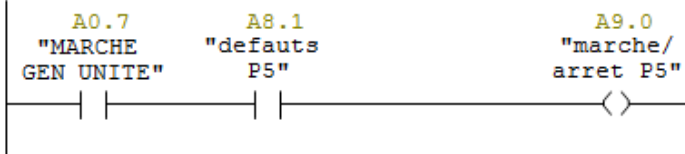
Réseau : 23 MARCHE/ARRET UNITE GEN



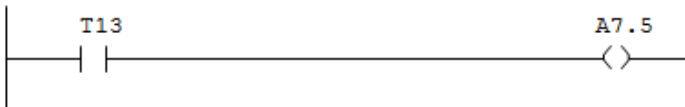
Réseau : 24 marche/arret p1 doseuse



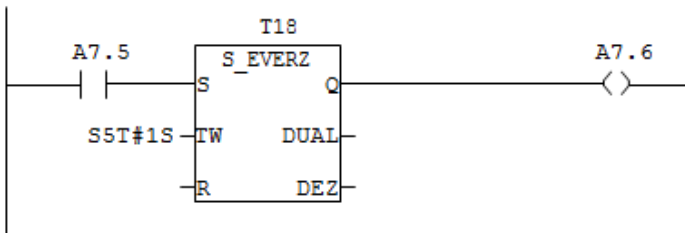
Réseau : 25 marche/arret p5 doseuse



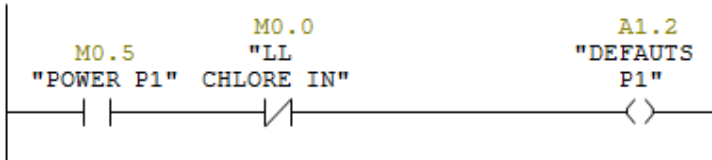
Réseau : 26



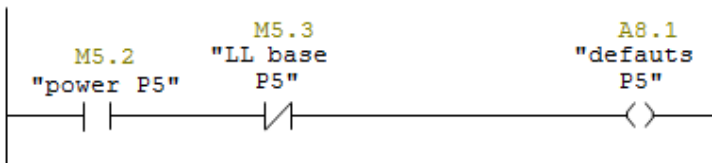
Réseau : 27



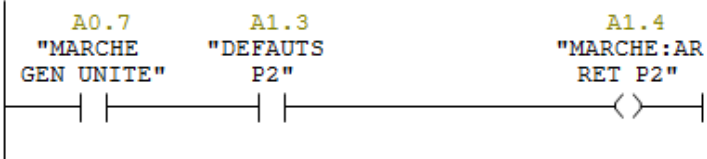
Réseau : 28 DEFAULTS P1



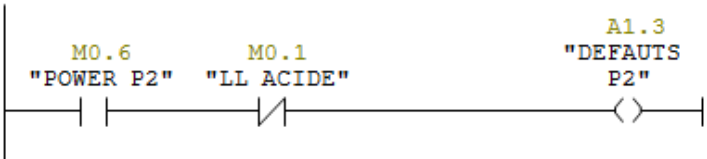
Réseau : 29 DEFAULTS P5



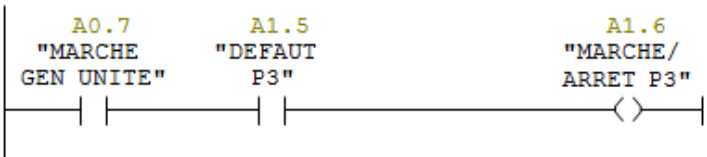
Réseau : 30 marche/arret p2 doseuse



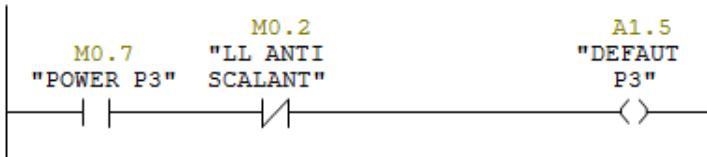
Réseau : 31 DEFAULTS P2



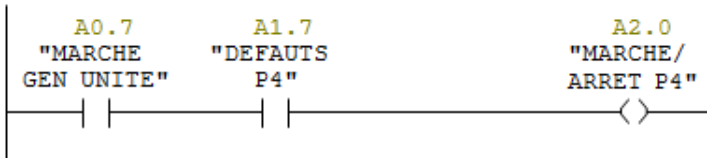
Réseau : 32 marche/arret p3 doseuse



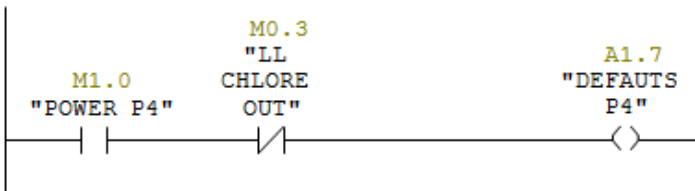
Réseau : 33 DEFAULTS P3



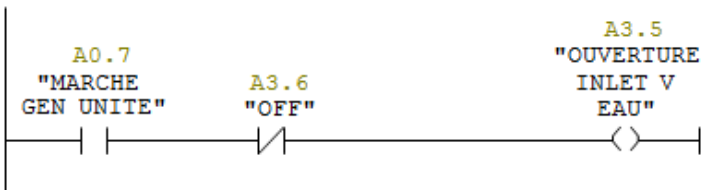
Réseau : 34 marche/arret p4 doseuse



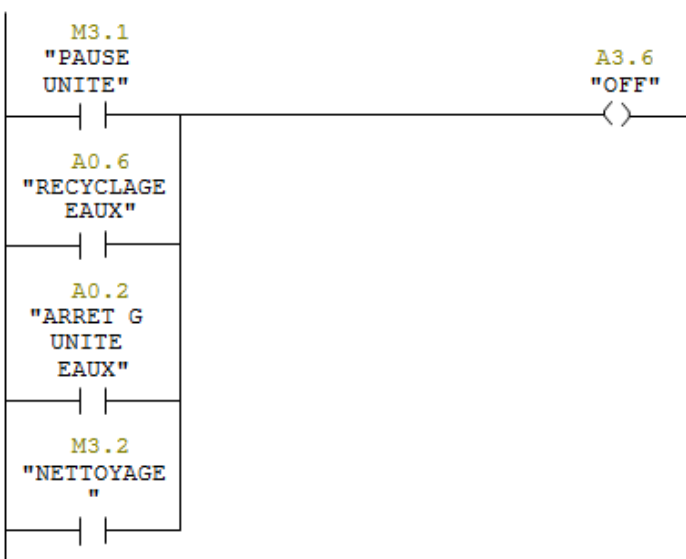
Réseau : 35 DEFAULTS P4



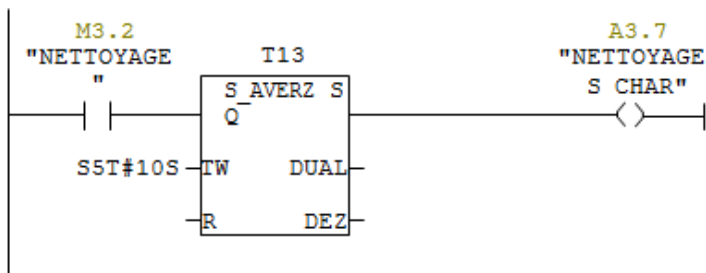
Réseau : 36 FERMETURE OUVERTURE INLET VANNE



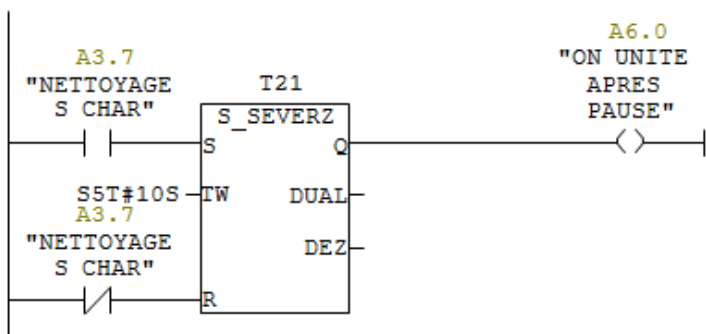
Réseau : 37 VANNE INLET EAU



Réseau : 38 NETTOYAGE FILTRE A SABLE ET CHARBON



Réseau : 39 demarrage unite apres Time off



Réseau : 40 Animation nettoyage filtres sable charbon



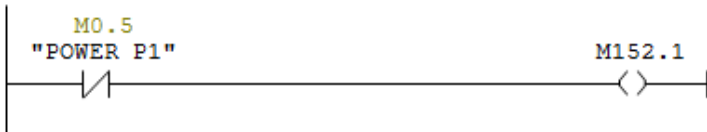
Réseau : 41 ALARME POMPE HP



Réseau : 42 ALARME POMPE BP



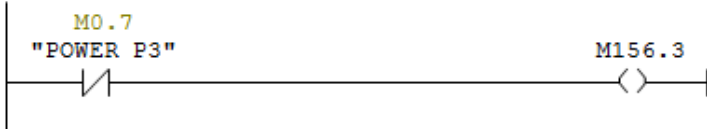
Réseau : 43 ALARME POWER POMPE P1



Réseau : 44 ALARME POWER POMPE P2



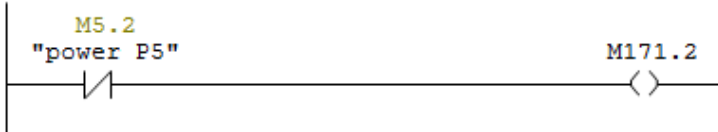
Réseau : 45 ALARME POWER POMPE P3



Réseau : 46 ALARME POWER POMPE P4



Réseau : 47 ALARME POWER POMPE P5



Réseau : 48 ALARME NIVEAU P1



Réseau : 49 ALARME NIVEAU P5



Réseau : 50 ALARME NIVEAU P2



Réseau : 51 ALARME NIVEAU P3



Réseau : 52 ALARME NIVEAU P4



Réseau : 53 MANQUE ARRIVEE EAU BRUT

