

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère l'enseignement supérieur
et de la Recherche scientifique

Ecole Nationale Polytechnique
Département de l'Automatique et de l'Electrotechnique

Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme
d'ingénieur d'état en Automatique

Thème

Etude d'une station de dessalement

Sujet proposé par l'Algérienne des eaux

Promoteur : Mr B.Hemici Fait par: M^{elle} Benahmed Safia
Copromoteur: Mr A.Guettouche

Soutenu publiquement le 26/06/2006 devant le jury composé de :

Mr BARKOUKE.....	President
Mr STIHI.....	Examineur
Mr HEMICI.....	Promoteur
Mr GUETOUCHE.....	Co-Promoteur

Promotion 2006

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère l'enseignement supérieur
et de la Recherche scientifique

Ecole Nationale Polytechnique
Département de l'Automatique et de l'Electrotechnique

Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme
d'ingénieur d'état en Automatique

Thème

Etude d'une station de dessalement

Sujet proposé par l'Algérienne des eaux

Promoteur : Mr B.Hemici Fait par: M^{elle} Benahmed Safia
Copromoteur: Mr A.Guettouche

Soutenu publiquement le 26/06/2006 devant le jury composé de :

Mr BARKOUKE.....	President
Mr STIHI.....	Examineur
Mr HEMICI.....	Promoteur
Mr GUETOUCHE.....	Co-Promoteur

Promotion 2006

Dédicaces

*A mon meilleur Ami, mon cher père.
A ma très chère mère qui m'a toujours soutenue.
A YEMA.
A la mémoire de M'MANI.*

A tous les miens

Safia BenAhmed

Remerciements

Je remercie toute l'équipe de la station de Palm Beach pour son aide précieuse en particulier, Merieme.

Je remercie également tous les enseignants de l'école et le personnel qui m'ont aidée de près ou de loin.

Sans oublier notre très cher

à tous ; AMI ESSALEH.

Table des matières

Introduction	
Chapitre 1 : Introduction au dessalement	
1. Statistique et problème de base	2
1.1. Disponibilité de l'eau.....	2
1.2. Croissance de la population.....	2
1.3. Utilisation accrue.....	3
2. Évènement.....	3
3. Coût et développement	4
4. L'avenir du dessalement d'eau de mer en Algérie	4
Chapitre 2 : Théorie et description de la station.....	
1. Introduction	7
2. Transport d'eau brute et stockage intermédiaire.....	8
2.1. Pompage d'eau de mer	8
2.1.1. Décantation lamellaire	8
2.2. Réservoir intermédiaire à eau brute	9
2.2.1. Caractéristiques techniques du réservoir intermédiaire.....	9
2.3. Pompe de transfert	10
3. Traitement et préliminaire de l'eau brute à l'aide d'un filtre de gravier.....	10
3.1. fonctionnement normal.....	11
3.2. Rinçage à contre courant	11
4. filtration fine	12
4.1. caractéristiques techniques des filtres bougies (à cartouches).....	13
5. Augmentation de pression et osmose inverse.....	13
5.1. Théorie	13
5.1.1. Osmose et osmose inverse	13
5.1.2. Applications industrielles de l'osmose inverse.....	15
5.2. Fonctionnement normal.....	16
5.3. Caractéristiques techniques de la pompe de relevage.....	16
5.4. Caractéristiques techniques de la turbine de Pelton.....	17
5.5. Caractéristiques techniques des tubes de pression.....	18
5.6. Caractéristiques techniques des membranes.....	18
6. Stockage et transport d'eau potable.....	19
6.1. Caractéristiques techniques du réservoir intermédiaire d'eau potable.....	20
6.2. Caractéristiques techniques des pompes de transfert pour eau potable	21
7. Stations de dosage.....	21
7.1. Dosage de l'acide sulfurique.....	22
7.2. Dosage du chlore (hypochlorite de calcium).....	22
7.3. Réduction du CO ₂	24
7.4. Dosage du méta bisulfite de sodium.....	24
8. Station d'analyse.....	25
9. Procédure de démarrage de la station	26
Chapitre 3 : Elaboration du GRAFCET et programmation.....	
1. Les automates programmables.....	31
1.1. Place de l'API dans le système automatisé de production (S.A.P.)	31
1.1.1. Les systèmes automatisés de production	31
1.1.2. Structure d'un système automatisé	31
1.1.3. Domaines d'emploi des automates	33
1.1.4. Nature des informations traitées par l'automate	33

1.2. Traitement du programme automate	34
2. Programmation	34
2.1. Langages de programmation	34
2.2. Programmation à l'aide du GRAFCET.....	36
2.3. Critères de choix d'un automate	36
3. Elaboration du GRAFCET.....	37
4. Programmation.....	41
4.1. Quelques exemples du programme proposé.....	41
Chapitre 4 : Configuration du matériel	44
1. Analyse	45
2. La configuration proposée.....	46
Conclusion et perspectives	48
Bibliographie.....	I
Annexe.....	II

Table des figures

Figure II.1 : Transport de l'eau brute vers le décanteur.....	9
Figure II.2 : Processus de filtration.....	19
Figure II.3 : Réservoir de stockage.....	20
Figure III.1 : Structure d'un système automatisé.....	32
Figure III.2 : Schéma représentatif de la station.....	37

Introduction

Suivant les données statistiques, le nombre d'habitants en Algérie va doubler dans les trente années à venir, alors que les ressources hydriques conventionnelles n'auront pas changé. La situation hydrique surtout dans les villes littorales reflète nettement un état de sécheresse, qui dure depuis plus de deux décennies. Le dessalement se présente comme une solution efficace face au sérieux problème de pénuries d'eau. En effet, par le phénomène de la littoralisation, la plus grande partie de la population et des activités économiques se trouve le long des 1200 Km de côte. Les conditions tout à fait particulières de la mer méditerranée (eau fraîche à 19°C et salinité moyenne, alors que les eaux du golf sont à 30°C et très salées) font que les coûts d'exploitation des stations implantées en méditerranée sont plus économiques et les rendements plus élevés. La méthode par osmose inverse a été adoptée pour les stations implantées, puisque cette méthode donne de bas prix grâce à l'amélioration des technologies, des membranes et à durée de vie plus longue.

Dans le présent travail, nous nous sommes intéressés à l'étude de la station de Palm Beach ; précisément aux séquences de démarrage de la station, de lavage des filtres et des alarmes.

En premier lieu, nous présenterons le dessalement à travers l'histoire, les besoins de la population en eau quelques années à venir et les différentes stations implantées en Algérie.

Dans le deuxième chapitre nous parlerons de la théorie de l'osmose inverse, du cahier des charges du projet et finalement nous présenterons le matériel existant au sein de la station.

Dans le troisième chapitre nous aborderons le GRAFCET, ainsi que la programmation en différents langages.

Dans le quatrième chapitre nous configurons la station selon le matériel existant, l'automate utilisé, les capteurs, et la nature des vannes et des pompes.

Dans conclusion et perspectives nous parlerons des différentes possibilités de réglage pouvant améliorer le rendement économique.

Chapre 1

Introduction au dessalement

L'eau est une des ressources les plus précieuses de notre Planète. Elle est toutefois, dans la plupart des cas, consommée comme si elle provenait d'une source intarissable.

1. Statistique et Problème de base :

La plupart des problèmes mondiaux en matière d'eau du monde proviennent d'un conflit de base; Les ressources globales en eau sont fixes tandis que la population mondiale et sa consommation d'eau sont en augmentation constante

1.1. Disponibilité de l'eau

L'eau semble la ressource la plus abondante disponible sur la Terre. La réalité est que 97 % de l'eau totale correspond à de l'eau salée, 2 % est présente à l'état de neige et d'icebergs tandis qu'1 % seulement correspond à de l'eau douce (la seule portion actuellement utilisable pour les besoins de l'humanité). L'eau douce présente sur la Terre est recyclée en continu au fur et à mesure de son évaporation et retourne sur Terre sous forme de pluie, de neige et de glace.

La majeure partie de l'eau "pluviale" s'évapore immédiatement, est déversée dans des zones inaccessibles ou coule dans l'océan avant de pouvoir être récupérée. Uniquement 10 % environ du total de l'eau de pluie sur terre peut être récupérée et utilisée pour l'Homme. Et de ce pourcentage, seul 40 % (c'est à- dire 4 % de l'eau de pluie totale) est finalement utilisée.

1.2. Croissance de la population

Un nombre à croissance exponentielle de personnes exploite les ressources en eau limitées de la Terre. Il y a environ 5 500 ans, la population préhistorique de la Terre était estimée à moins de 10 millions de personnes. Cette population a atteint un nombre de 6,1 milliards, en l'an 2000 et on estime qu'elle atteindra le nombre de 8 milliards en l'an 2030.

De nos jours, un demi milliard de personnes (8 % de la population mondiale) fait face à des pénuries en eau modérées ou sévères La distribution déséquilibrée des précipitations d'eau sur la planète accouplée à des taux de croissance de la population supérieurs dans certaines zones plus arides comme la Chine, l'Inde, le Nigeria et le Pakistan n'ont fait qu'accentuer le problème. Par exemple, la population de la Chine de 1,3 milliards d'habitants (22 % de la population mondiale) reçoit une maigre portion de 7 % de l'eau douce disponible sur la Terre.

1.3. Utilisation accrue

Au cours du siècle dernier, l'augmentation de l'utilisation de l'eau par personne a dépassé la croissance de la population. Depuis 1 900, la population des Etats-Unis, par exemple, a doublé tandis que la consommation d'eau par personne a été multipliée par huit. La plupart des utilisateurs urbains excèdent largement l'estimation de 78 litres (20,5 gallons) minimum par jour dont chaque personne a besoin.

De plus, de nombreux lacs d'eau douce et les mers sont devenus des espaces d'eau salée toxiques. Certains cours d'eau parmi les plus connus et les plus importants de la Terre (Le Nil en Egypte, le Gange en Inde, le fleuve jaune en Chine et le Colorado aux Etats-Unis) sont presque asséchés avant d'arriver à l'océan.

2. Évènement

De nombreuses communautés, de Homebush Bay, en Australie, jusqu'à des centaines de villes en Chine, en passant par Méry, en France et Santa Catalina, en Californie, ont voulu améliorer la qualité de leur eau. ... Ainsi la production d'eau douce au moyen des technologies du dessalement apparaît comme une solution logique, sauf pour les pays enclavés. En 1869, une unité de distillation de l'eau de mer pour alimenter la flotte coloniale britannique était opérationnelle à Aden, sur la mer Rouge. Aujourd'hui, cette même méthode, profite des récentes avancées technologiques et permet de fournir la moitié de l'eau dessalée produite dans le monde.

En 1961, au Texas, la première usine de dessalement d'eau de mer est mise en service, d'une capacité estimée à plus de 4,5 millions de litres d'eau pure par jour.

Au cours des cinquante dernières années, le dessalement n'a cessé de gagner du terrain. Sur le plan économique comme sur le plan technique, sa faisabilité est bien établie et il est capable de fournir une eau d'excellente qualité et en grandes quantités.

Aujourd'hui, il existe plus de 9.500 unités dans le monde produisant 11,8 milliards de m³ d'eau par an, soit 0,3% de l'eau consommée sur la planète. Alors qu'en 1995 la capacité globale de ce type de production d'eau était de 20 millions de m³ par jour, en 2001, elle bondit à 32,4 millions de m³ par jour. Au total, chaque décennie, la quantité d'eau est ainsi multipliée par 1,8. Si la majorité (57%) de ces unités se trouve au Proche-Orient, les Caraïbes, la Floride, le Colorado, le Japon, l'Afrique du Sud, le Kazakhstan...

Dans le monde, moins de 1% de l'eau potable est produite par dessalement, bien que près d'un quart de la population mondiale vive à moins de 25 Km d'une côte. L'eau de mer pourrait ainsi devenir l'une des principales ressources alternatives dans les décennies qui viennent.

3. Coût et développement :

Les nouveaux procédés à membranes, comme la microfiltration, la nanofiltration et l'osmose inverse, permettent la réutilisation de l'eau, la purification ou de dessalement à des coûts qui varient entre 10 et 30 DA (0,10 et 0,30 euro) par m³ s'agissant des eaux saumâtres ou des eaux de qualité médiocre ; quand au dessalement de l'eau de mer il revient aujourd'hui à moins de 0,45 euros/m³. Beaucoup de mégapoles et de villes dans le monde peuvent se laisser tenter car ces prix soutiennent la comparaison avec le coût des stratégies fondées sur la construction de grands barrages ou les transferts d'eau sur de grandes distances.

L'objectif des recherches en matière de dessalement par filtration porte sur le prétraitement de l'eau de mer pour limiter le colmatage des membranes, et sur la réduction de la consommation en énergie pour diminuer encore le coût du dessalement ; déjà divisé par 4 en 10 ans. [1.RPB]

4. L'avenir du dessalement d'eau de mer en Algérie :

Les aléas pluviométriques enregistrés notamment lors de ces dernières décennies ont malheureusement réduit l'impact attendu des ouvrages de mobilisation (barrages et forages) de ressource conventionnelle.

C'est ainsi que le recours au dessalement d'eau de mer comme solution alternative s'avère de plus en plus nécessaire en Algérie qui présente les avantages suivants:

- Un littoral de 1 200 km;
- La population actuelle concernée est de 11 millions d'habitants;
- La ressource, eau de mer pratiquement non polluante et inépuisable;
- La population ainsi que les industries grandes consommatrices d'eau se trouvent à proximité de la mer, ce qui réduit davantage les prix de revient du m³ d'eau;

- Le domaine de dessalement de l'eau de mer a connu ces dernières années une avancée technologique remarquable grâce au développement des différents procédés;
- La disponibilité de la ressource énergétique ou la combinaison de sa production;
- Le coût du m³ d'eau dessalée st en nette régression alors que le coût du m³ d'eau conventionnelle est en nette progression (grands transferts).

Des orientations ont été données par le gouvernement pour la concrétisation du programme suivant :

Etude et réalisation d'une unité de dessalement d'eau de mer selon la formule BOT (Construire, Exploiter et Transférer) dans la wilaya de Ain Temouchent avec un capacité de 100.000m³/jour.

Etude générale sur le dessalement d'eau de mer en Algérie pour recenser les sites potentiels et l'élaboration des études de faisabilité des sites prioritaires;

Etude de trois grandes stations de dessalement d'eau de mer à Alger, Oran et à Skikda dont la capacité de chacune d'elle dépasse les 100 000 m³/j.

Dans le cadre du programme d'urgence pour le renforcement de l'alimentation en eau potable des agglomérations de Tipaza, Alger, Boumerdès, Tlemcen et Skikda, une consultation restreinte a été lancée pour l'acquisition de stations de dessalement d'eau de mer de type "MONOBLOC" d'une capacité totale de 50 000 m³/j (cinq wilayas). Ces stations produisent de l'eau dessalée depuis la fin juin 2002.

Enfin il est demandé une systématisation de l'utilisation de l'eau dessalée, pour tous les Centres Touristiques et les grosses industries, situés sur la bande côtière, pour les avantages suivants :

Coût du dessalement marginal pour les utilisateurs (touristes et industries).

Pérennité et garantie (qualité et quantité) de la ressource.

Economie de l'eau conventionnelle pour l'Alimentation en Eau Potable (AEP) et l'Irrigation.

[2.SCA]

Bassin hydrographique : Oranie - Chott Chergui

Ressources	Localisation	Année de réalisation	Capacité (m ³ /j)	Affectation	Localisation géographique
Eau dessalée	Ghazaouat	2002	2x2500	Ghazaoaut	
Eau déminéralisée	Bredeah	2002	51 840	Oran	L'Ouest du pays

Bassin hydrographique : Algerois - Hodna - Soummam

Ressources	Localisation	Année de réalisation	Capacité (m3/j)	Affectation	Localisation géographique
Eau dessalée	Corso	2002	5 000	Corso	Boumerdes
	Reghaia Plage	2002	2 500	Reghaia	A l'Est d'alger
	Sufren Plage	2002	2 500	Sufren	Alger
	St Plage Zerzouria	2002	2 500	Zarzouria	Alger
	Bateau Cassé	2002	2 500	Bateau cassé	Bordj el kifane
	Cap Caxime	2002	2 500	Ain Benian	Alger
	Plage la Fontaine	2002	5 x 2 500	Hammamet	Alger
	Club des Pins	2002	2 500	Club des Pins	L'Ouest d'alger
	Plage Est	2002	2 500	Club des Pins	L'Ouest d'alger
	St.Thalassothérapie	2002	2 500	St.Thalassothérapie	Sidi ferredj
	Palm Beach	2002	2 500	Palm Beach	Staouéli
	Champ de Tir	2002	2 500	Champ de Tir	Zéralda
	Bou Ismail	2002	2 500	Bou Ismail	Tipaza

Bassin hydrographique : Constantinois - Seybouse - Mellegue

Ressources	Localisation	Année de réalisation	Capacité (m3/j)	Affectation	Localisation géographique
Eaux dessalées	Larbi Ben M'Hidi	2002	2 000	Larbi Ben M'Hidi	L'Est du pays
	Stora	2002	3 000	Stora	L'Est du pays

Chapitre 2

Théorie et description de la station

1. Introduction

L'installation de dessalement d'eau de mer ci-après décrite fait partie d'un projet d'alimentation en eau potable de la région côtière algérienne. A cet effet, huit installations d'osmose ont été érigées sous le nom de projet « Wilaya » dans la région d'Alger et à l'ouest de Ghazaouet et Marsat Ben M'Hidi.

Sept des installations s'en rapprochant le plus au niveau technologique livrent chacune 2500 m³ d'eau potable par jour. Une installation est conçue pour une capacité quotidienne double de 5000 m³.

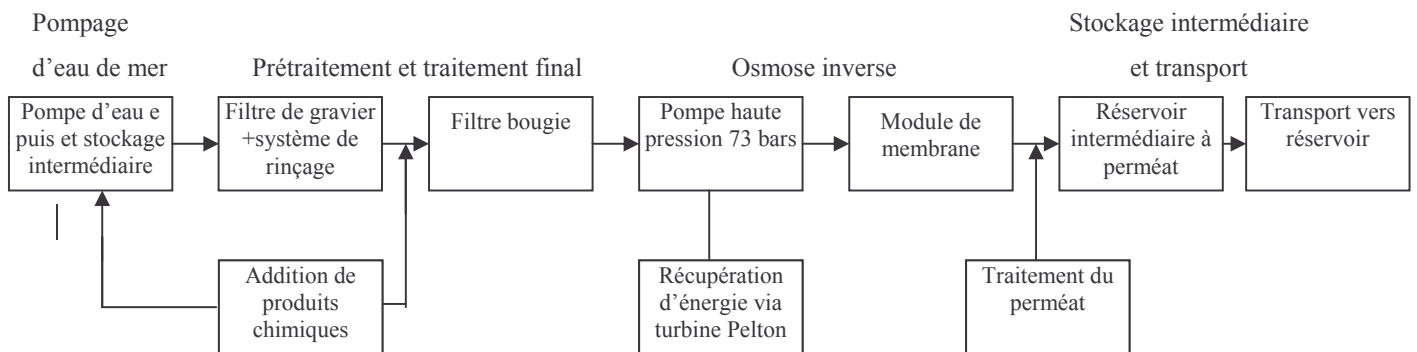
Les installations sont situées aux endroits suivants :

Marsat Ben M'Hidi	2500 m ³ /jour
Ghazaouet	2500 m ³ /jour
Champs de Tir	2500 m ³ /jour
Thalassothérapie	2500 m ³ /jour
Plage Est	2500 m ³ /jour
Palm Beach	2500 m ³ /jour
Plage la Fontaine	2500 m ³ /jour
Bou Ismail	5000 m ³ /jour

Chacune des huit installations d'osmose se compose des sections à procédé industriel suivantes :

- Pompage d'eau de mer par pompes d'eau de puits ou de prise en mer et stockage intermédiaire
- Traitement préliminaire de l'eau de mer à l'aide d'un filtre de gravier
- Addition de produits chimiques
- Traitement de l'eau de mer par filtres bougies
- Augmentation de la pression à environ 73 bars au moyen d'une pompe de haute pression et alimentation du module de membrane pour l'osmose inverse

- Désinfection de l'eau potable traitée au moyen de chlore
- Réservoir intermédiaire à perméat
- Installation d'augmentation de pression pour transporter l'eau potable traitée vers les réservoirs disponibles.



2. Transport d'eau brute et stockage intermédiaire

2.1. Pompage d'eau de mer

L'eau de mer transportée pour alimenter la station est prise directement de la mer à l'aide d'une crépine qui se trouve à 6 mètres de profondeur et à 400 mètres de la côte. Par la suite, elle est pompée vers le réservoir intermédiaire au moyen d'une pompe d'alimentation ayant une capacité de 280 m³/h et une hauteur de refoulement de 12m. [3.DTP]



2.1.1. Décantation lamellaire :

L'ouvrage de décantation est nécessaire lorsque l'eau brute est trop chargée pour subir une filtration directe. Pour améliorer la décantation, il est préférable d'aménager une zone de

floculation avec agitation lente, pour favoriser le grossissement des floes et améliorer leur décantation. La cause pour laquelle le décanteur est divisé en trois compartiments.

Les modules lamellaires sont des profilés de forme hexagonale, permettant d'augmenter la surface de décantation, pour une surface au miroir identique. Les ouvrages obtenus sont très compacts.

Les lamelles sont inclinées de 55° minimum (optimum 60°) de façon à favoriser l'écoulement des boues se déposant sur celles-ci vers le fond de l'ouvrage. [4.DTD]

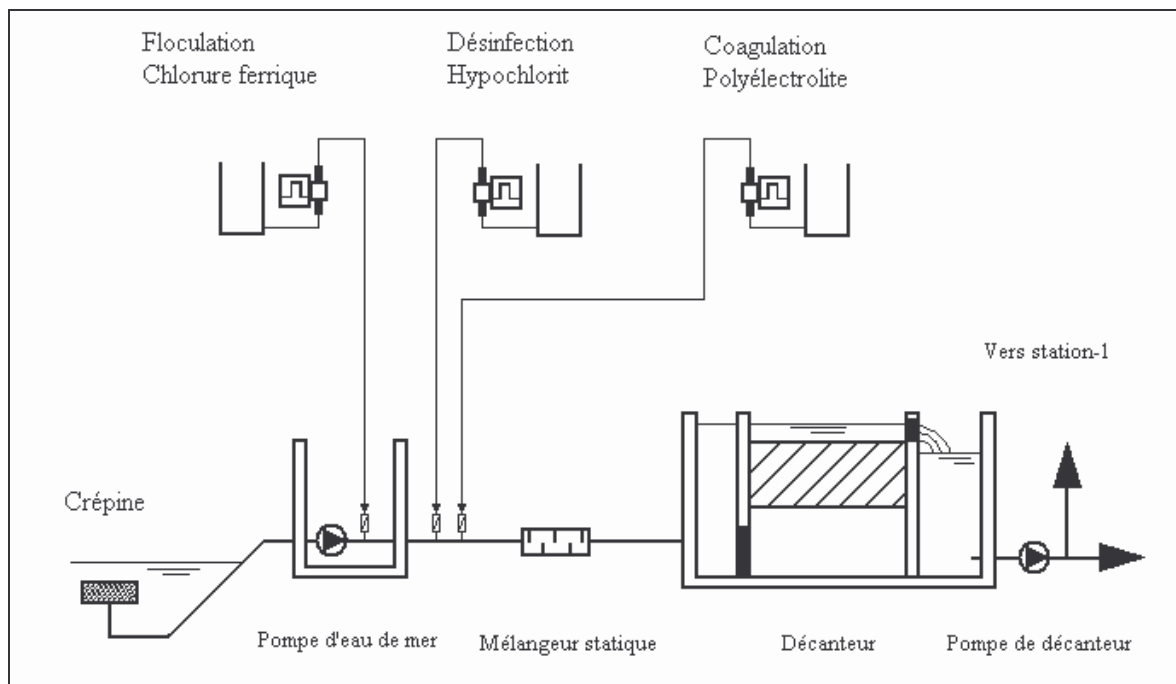


Figure II.1 : Transport de l'eau brute vers le décanteur

2.2. Réservoir intermédiaire à eau brute

Le réservoir intermédiaire est un réservoir en béton, revêtu à l'intérieur d'une couleur résistant à l'eau de mer. Le remplissage du réservoir est contrôlé manuellement. Réservoir est équipé d'une jauge de niveau de remplissage

2.2.1. caractéristiques techniques du réservoir intermédiaire

Nombre	1
Matériau	Béton recouvert d'une couleur résistante à l'eau de mer
Dimension	7 m X 3 m X 4 m
capacité	~ 84 m ³

Jauge de niveau de remplissage	
--------------------------------	--

Niveau maximum+Alarme
Niveau minimum+Arrêt

2.3. Pompe de transfert

Les pompes de transfert servent à l'alimentation du filtre de gravier en eau de mer provenant du réservoir intermédiaire. Toutes les pompes sont équipées d'accessoires d'arrêt dans la conduite d'aspiration et la conduite de refoulement ainsi que d'un clapet anti-retour et d'un manomètre local côté refoulement. Un débitmètre sur l'alimentation sert à contrôler le débit. Lors du fonctionnement normal du filtre de gravier, une seule pompe de transfert fonctionne. La deuxième pompe est enclenchée pour le rinçage à contre-courant.



Pompe de transfert A et B

2.3.1. caractéristiques techniques des pompes de transfert

	2500 m ³ /j
Nombre	2
Type de pompe	Ritz bloc 100-200.Z+37/2 B
Matériau	
Carter	Bronze / V4A
Arbre	Acier inox
Joint d'arbre	Mécanique
Raccords	
Côté refoulement	DN 100
Côté aspiration	DN 125
Position d'installation /de montage	Horizontale
Débit de pompage	231 m ³ /h
Hauteur de refoulement	36 m
Régime	2970 tr/m
Puissance nominale	37 kW
Alimentation électrique	400 V, 50Hz

3. Traitement et préliminaire de l'eau brute à l'aide d'un filtre de gravier

La filtration à travers de gravier sert à écarter les matières troubles et en suspension de l'eau brute. Le médium de filtration est un remblai en gravier réparti en 4 réservoirs



parcourus de haut en bas. Les filtres de gravier fonctionnent à une pression de 3.5 bars. La perte de charge à travers la couche filtrante ne devrait pas dépasser les 600mbars.

3.1. fonctionnement normal

Les quatre filtres travaillent en parallèle et sont alimentés par un débit globale d'eau de mer de 231 m³/h. il s'ensuit une vitesse de filtration d'environ 9.4 ou 12.5 m/h. les filtres sont équipés d'un dispositif de mesure de pression, qui pour un réservoir filtrant enclenche la nécessité de lancer le processus de rinçage à contre courant dès que la perte de charge dépasse la valeur spécifiée de 0.5 bar.

3.2. Rinçage à contre courant

Lorsque la différence de pression de la couche filtrante a atteint une valeur d'environ 500 à 600 mbars, un processus de rinçage à l'eau est automatiquement introduit par l'API pour le nettoyage. L'alimentation en eau brute du réservoir à rincer est coupée pendant ce processus de rinçage à contre courant. Comme les trois autres filtre continuent à être alimentés par la même quantité d'eau brute (231 m³/h), la vitesse de filtration pendant le rinçage à contre courant passe à environ 12.5 m/h. La quantité supplémentaire d'eau brute nécessaire au rinçage à contre courant est fournie par la seconde pompe de transfert qui est automatiquement enclenchée dès qu'un revoir filtrant est en mode rinçage.

Avant que le processus de rinçage à contre courant à l'eau ne débute, la couche filtrante est aérée par soufflage afin de décoller les particules adhérant est de faciliter ainsi le rinçage à contre courant à l'eau. La quantité d'air environ 420 m³/h requise à cet effet est fournie par la soufflerie de rinçage, enclenchée automatiquement dans le cadre du déroulement de programme de rinçage à contre courant. L'air est amené à travers un fond de filière et quitte le réservoir par l'accessoire de purge. Ensuite l'air et l'eau sont amenés en même temps par le dessous du réservoir durant quelques minutes. Suivent l'arrêt de la soufflerie et la phase finale de rinçage exclusif à l'eau après la remise en service du filtre, le premier filtrat est expulsé vers la canalisation de drainage durant environ 3 minutes.

Il ne peut y avoir qu'un seul filtre en mode de rinçage. Ceci vaut également même si plusieurs filtres atteignent en même temps une perte de charge de 500 mbars.

Le processus complet de rinçage à contre courant dure par filtre environ 25 à 30 minutes. On peut prévoir que les filtres de gravier devront être rincés à contre courant environ tous les 1 à 2 jours.

Régime de soufflerie	4240 tr/min
Puissance nécessaire	11.5 kW
Puissance moteur	15 kW
Régime moteur	2930 tr/min
Alimentation électrique	400V, 50Hz
Niveau de pression acoustique	73 dB(A)
Classe de protection	IP 55
Commande	Via API
Equipement mécanique/technique (MSR)	Mesure de température
Autres	Capot acoustique Silentblocs Soupape de sécurité Clapet anti-retour Contrôle du filtre d'aspiration

4. filtration fine

Avant que l'eau filtrée ne soit pompée vers le module de membrane par la pompe haute pression, elle doit passer par deux filtres fins à filtre bougie remplaçable raccordés en parallèle. Chaque carter de filtre se compose de 4 filtres bougies à un degré de filtration de 5 μm . Les carters de filtre possède en plus des conduites d'alimentation et d'écoulement un accessoire de purge et des manomètres sur les conduites d'alimentation et d'écoulement ; ceux ci indiquent la perte de charge des filtres bougies. Il y a en outre du côté du filtrat un accessoire de vidange et par réservoir un verrouillage pour dévier le filtrat vers la canalisation d'écoulement.



Les filtres à cartouches

La pression des filtres bougies devrait s'élever à 2.8 bars. Selon l'expérience, les filtres bougies doivent être remplacés tous les 3 à 4 mois. Il faut pour ce faire arrêter l'installation.

Objectifs de la microfiltration :

- Affinage de l'eau ayant été filtrée préalablement sur un média granuleux, afin d'améliorer la turbidité et l'indice de colmatage (SDI ou fouling index) ;
- Barrière de sécurité pour écrêter des pointes en teneur en matières en suspension, accidentelles ou non ;
- Mélangeur des produits chimique de prétraitement dans tous le flux. Ce rôle est joué par le corps de filtre à l'intérieur duquel règne un régime très turbulent.

4.1. caractéristiques techniques des filtres bougies

Nombre (réservoir)	2
Nombre de cartouches de filtre /carter	4
Matériau Carter Cartouche de filtre Joints	ST-37 Polypropylène Viton
Couche de protection intérieure du carter	Couleur résistante à l'eau de mer ,épaisseur de couche :500µm
Pouvoir de rétention	5 µm
Pression maximum du service	4 bars
Perte de pression	0.3...0.4 bars
Température admissible	~40°C
Débit par bougie	~30-32 m ³ /h
Débit total	~240m ³ /h
Equipement mécanique/technique (MSR)	Pression sur l'écoulement
Tubulure / raccords	DN 150,PN 10

5. Augmentation de pression et osmose inverse

L'unité d'osmose inverse se compose d'une installation à un étage à deux bancs avec 27 tubes de pression plus un tube de pression de réserve bloqué par fausse bride. Dans chaque tube de pression, sept modules de membranes enroulées sont alignés. Le système d'osmose inverse est conçu pour un débit quotidien de perméat de 2500 m.

5.1. Théorie :

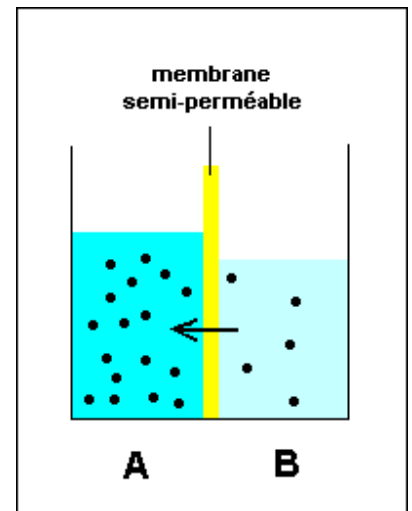
5.1.1. Osmose et osmose inverse

Le phénomène d'osmose se manifeste lorsque deux solutions aqueuses contenant des espèces en solution à des concentrations différentes sont séparées par une paroi semi-perméable.

5.1.1.1. Osmose :

Les compartiments A et B contiennent des solutions d'une même substance et sont séparés par une membrane semi-perméable. Les concentrations C_A et C_B sont différentes. Si C_B est inférieure à C_A , il se produit une migration spontanée de cette solution au travers de la membrane semi-perméable. Le niveau de la solution dans A s'élève par rapport à celui de la solution dans B, ce qui traduit l'existence d'une "pression osmotique". La solution la plus diluée tend donc à migrer spontanément vers la solution plus concentrée.

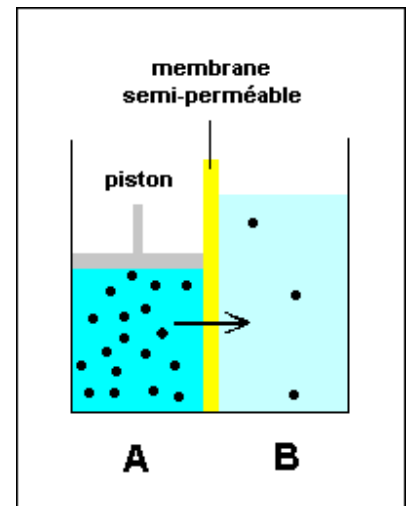
Par exemple : s'il y avait de l'eau douce dans B et de l'eau salée dans A, l'eau douce migrerait spontanément vers A.



5.1.1.2. Osmose inverse

En appliquant une pression sur la solution la plus concentrée, (pression qui doit être supérieure à la pression osmotique), la migration au travers de la membrane semi-perméable s'effectue de A vers B, la concentration C_A tend à augmenter alors qu'en B on recueille une solution très diluée.

Par exemple, si A contient de l'eau salée, en appliquant une pression suffisante, les ions Na^+ et Cl^- sont retenus dans le compartiment A et la solution qui migre vers B est très peu salée. Cette opération exige de l'énergie pour maintenir une pression suffisante pendant toute l'opération.



Dans la pratique, le dispositif est conçu pour qu'il y ait un renouvellement constant d'eau salée et comporte des cellules montées en série pour tendre vers l'eau la plus douce possible. La pression à fournir pour obtenir un rendement suffisant est de l'ordre de 4 à 8 MPa (4 à 8 fois la pression atmosphérique). [5.DEM]

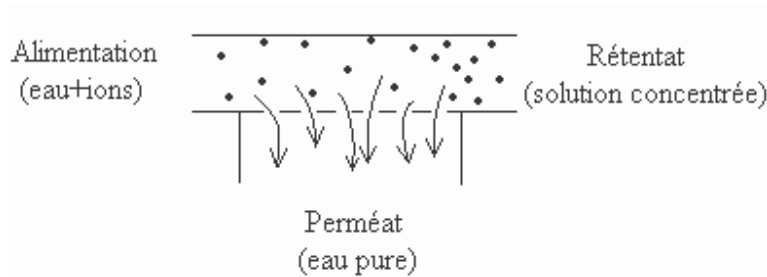
DÉFINITIONS

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

L'écoulement s'effectue en continu tangentiellement à la membrane. Une partie de la solution à traiter se divise au niveau de la membrane en deux parties de concentrations différentes:

Une partie (débit Q_p) passe à travers la membrane (perméat)

Une partie qui ne passe pas à travers la membrane (concentrat ou rétentat) et qui contient les molécules ou particules retenues par la membrane [6.DOI]



5.1.2. Applications industrielles de l'osmose inverse

Les principales applications de l'osmose inverse et de l'ultrafiltration sont les suivantes:

- Traitement des eaux: dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres, production de l'eau ultra pure (industries électronique, pharmaceutique ...).
- Extraction de protéines du lactosérum dans l'industrie laitière.

Les techniques présentées présentent les avantages suivants:

- Opération à température ambiante ce qui évite la dégradation de molécules fragiles dans le domaine agro-alimentaire.
- Pas d'intervention de réactifs chimiques comme des agents d'extraction qui sont des sources de pollution.
- Consommation énergétique faible vis à vis de la distillation pour le dessalement de l'eau.

Néanmoins des inconvénients existent:

- Baisse de la perméabilité et modification de la sélectivité en cas de colmatage des membranes.
- Sélectivité entre les espèces chimiques "soluté" toujours inférieure à 100 %.
- Durée de vie limitée des membranes soit par perte de résistance mécanique soit par suite d'une mauvaise tenue aux réactifs utilisés pour le nettoyage.

[6.DOI]

5.2. Fonctionnement normal

L'eau prétraitée et filtrée est mise sous pression à environ 73 bars au moyen d'une pompe de relevage à travers les modules à membrane de trouvant dans les tubes de pression. La pression d'alimentation peut être lue sur un manomètre installé avant la pompe de relevage.

Le flux de perméat quittent les tubes de pression à l'arrière et se rejoignent dans une conduite commune de perméat menant au réservoir intermédiaire d'eau potable.

Après avoir quitté les tubes de pression, le concentré coule avec une pression d'environ 65 bars dans une conduite commune et, aux fins d'économie d'énergie, actionne une turbine Pelton qui décharge le moteur électrique de la pompe de relevage d'environ 35%. Le concentré coule ensuite librement à travers un tuyau d'écoulement vers un réservoir collecteur et de là retourne vers la mer.



De gauche à droite :Turbine, pompe HP, moteur de la HP ,en arrière plan les membranes

5.3. Caractéristiques techniques de la pompe de relevage

Nombre	1
Type de pompe / Modèle	Pompe centrifuge haute pression HRO 100x10
Médium	Eau de mer

Teneur en sel	~40 000mg/l ~25°C
Matériau de pompe	
Carter	1.4468
Rotor	1.4468
Arbre	1.462
Joint d'arbre	AQ1VGG
Bagues à fente	WR 300 (PEEK)
Joint d'arbre	à effet simple
Position de montage	horizontale
Débit	232 m ³ /h
Pression préalable	2.5 bars
Hauteur de refoulement	756 m
Pression par étage	75.6 m
Régime nominal	2982
Puissance d'arbre	647.7 kW
Puissance nominale	400 kW
Efficacité	76%
Alimentation électrique	400 V/ 50 Hz
Entraînement	Moteur triphasé ABB 355 MLA 2
Commande	Par un convertisseur de fréquence

5.4. caractéristiques techniques de la turbine de Pelton

Nombre	1
Type/modèle	TRO 80/350/1
Médium	Concentré d'eau de mer
Teneur en sel	~65 000 mg/l ~25°C
Matériau turbine Pelton	GG25 (fonte grise 25-recouverte de résine
Carter	époxy)
Roue Pelton	1.4468
Tuyère	Acier fin
Aiguille	Acier fin
Étanchéité aiguille	PTFE
Guide aiguille	1.4462
Débit	150.8 m ³ /h
Hauteur de refoulement	726 m (perte de charge estimée de 30 m)
Efficacité	84%
Puissance d'arbre	263.1 kW
Puissance absorbée	384.6 kW
Puissance moteur	400 kW
Rendement	35 %

5.5. Caractéristiques techniques des tubes de pression

Nombre de tubes de pression	27(+1 de réserve)
Nombre de membrane par tube de pression	7
Matériau Tubes de pression Conduites/ Accessoires :	1.4462 (super duplex) 1.4462
Côté refoulement Côté perméat Support	CPV 1.4301
Pression nominale	84 bars
Pression de teste	85 bars
Pression de service	~73.5 bars
Prélèvement d'échantillons	28 (sur chaque conduite de sortie de perméat)

5.6. Caractéristiques techniques des membranes

Nombre de membranes	196
Nombre de membranes par tube	7
Fabricant/modèle	Hydranautics /SWC 3
Membrane	Membrane de matériau composite de polyamide
Modèle	Module enroulé
Dimensions	~0.2 m x 1m
Pression de service	75 vars
Perte de pression max sur 7 membranes	4.2 bars
Température de service	~25°C
Température maximale admissible (nettoyage)	50°C
PH autorisé (service)	2-11
PH autorisé pour (nettoyage)	1-12
Rendement max perméat	45%
Diminution de flux de perméat	~7 % par année
Perte de fuite de sel	~10 % par année

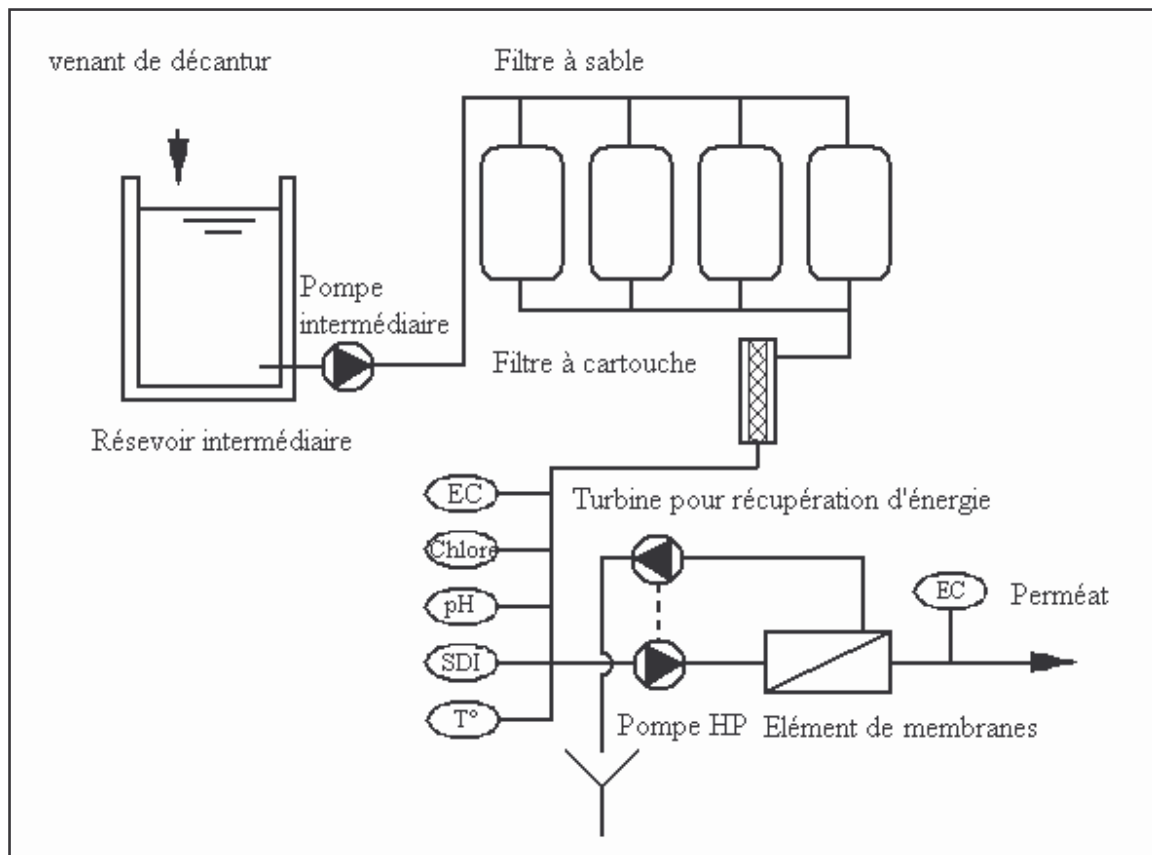


Figure II.2 : Processus de filtration

6. Stockage et transport d'eau potable

Le perméat s'écoule ensuite librement vers un réservoir intermédiaire avant d'être pompé par deux pompes de transfert dans des réservoirs d'eau potable. De l'eau potable peut être prélevée hors de la conduite de transport pour alimenter les installations sanitaires, les installations de dosage et la station d'analyses (eau à usage industriel).

Le réservoir intermédiaire est fabriqué en béton et revêtu à l'intérieur d'une matière plastique compatible avec l'eau potable. La jauge de niveau de remplissage installée dans le réservoir commande automatique et en fonction des besoins la mise en marche et l'arrêt des pompes de transfert : en cas de dépassement par le bas du niveau minimum de remplissage, la pompe de transfert en service s'éteint puis se remet puis se remet en marche dès que le niveau minimum de remplissage est atteint. Si aucun de réglage de niveau n'est mis à disposition pour le réservoir à remplir par le client, le perméat est alors dévié dans le réservoir d'écoulement vers la mer.

Lors d'un écoulement en continu de l'installation, une pompe transporte 2500 m³/j de perméat (105 m³/h) hors du réservoir intermédiaire vers le réservoir d'eau potable. L'autre pompe sert de réserve.

En outre, un débitmètre est installé sur la conduite d'aspiration. Un réservoir de compensation est installé sur la conduite de refoulement servant de protection contre les coups de bélier provenant de la conduite de transfert. Le réservoir de compensation est tout comme le réservoir intermédiaire situé en dehors du bâtiment.

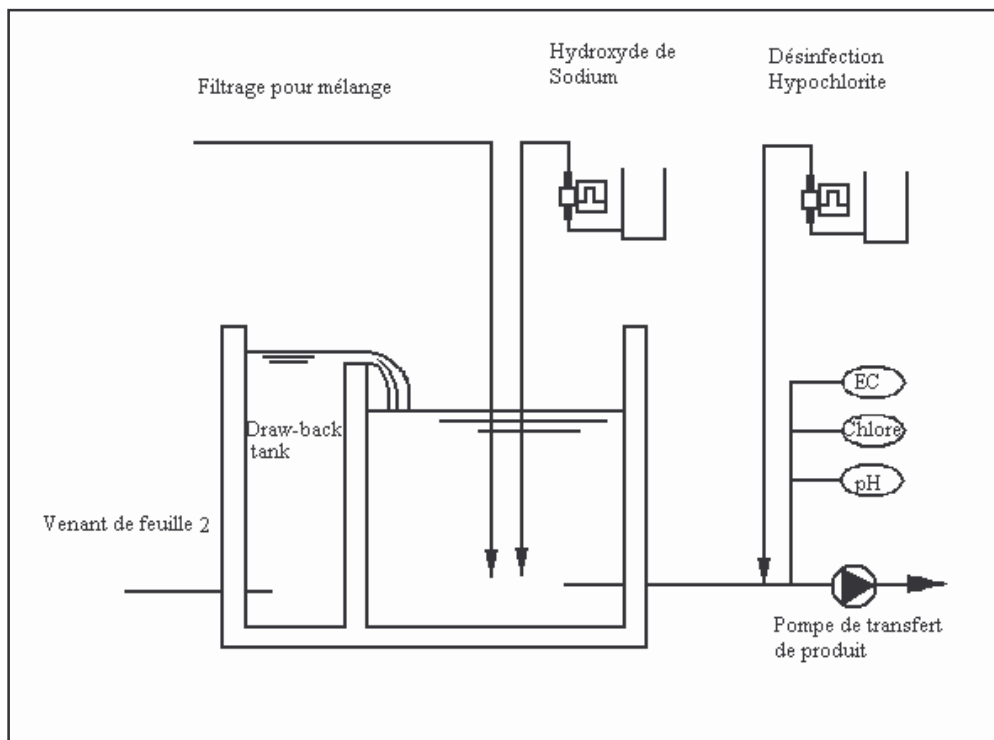


Figure II.3 : Réservoir de stockage

6.1. Caractéristiques techniques du réservoir intermédiaire d'eau potable

Nombre	1
Matériau	Béton avec revêtement
Dimensions	3.6 m x 3.0 m x 4.0 m
Capacité	~43 m ³
Jauge de niveau de remplissage	Ultrasonique
Niveau maximum	...+Alarme

Niveau minimum	...+Arrêt
----------------	-----------

6.2. Caractéristiques techniques des pompes de transfert pour eau potable

Nombre	2
Fabricant	Ritz
Type de pompe/modèle	Différents
Mode de fonctionnement	1+1
Matériau	
Carter	GG (fonte grise)
Rotor	Bronze
Arbre	Acier inox
Type d'étanchéité d'arbre	Etanchéité à anneau glissant
Revêtement / couleur	Aucune
Raccords :	
Côté refoulement	DN 100
Côté aspiration	DN 150
Positions d'installation de montage	Verticale
Débit de pompage	Différent
Hauteur de refoulement	Différent
Régime	Différent
Puissance nominale	30 kW 18.5 kW 37 kW
Alimentation électrique	400 V , 50 Hz
Commande	Etoile / triangle
Equipement mécanique / technique (MSR)	Protection contre le fonctionnement à sec
Autre	Clapet anti-retour intégré sur la sortie

7. Stations de dosage

Toutes les stations de dosage se composent en principe d'un réservoir / conteneur de préparation avec jauge de niveau et niveau d'une pompe de dosage

Réservoirs de stockage



magnétique comprenant l'accessoire d'aspiration. Les réservoirs de préparation de chlore et de méta bisulfite sont équipés d'agitateurs.

7.1. Dosage de l'acide sulfurique

L'acidification de l'eau à l'aide d'acide sulfurique permet d'augmenter la solubilité des sels calcaires (carbonate, sulfate) et ainsi minimiser leur précipitation et le blocage y afférent sur le côté concentré des membranes.

L'acide sulfurique ($H_2SO_{4(aq)}$) est préparé à 96% dans des conteneurs. L'ajout d'acide sulfurique s'effectue directement hors du réservoir vers la conduite d'alimentation du filtre fin.



Dosage de l'acide sulfurique

7.1.1. caractéristiques techniques de la pompe de dosage

Nombre	1
Fabricant / modèle	Prominent
Type	Pompe de dosage magnétique
Médium de dosage	Acide sulfurique à 96%
Matériau tête de dosage	FPVD
Capacité	8.....12l
Pression de pompe	5 bars
Cylindrée	Réglage par le client
Réglage de débit	8l/h

7.2. Dosage du chlore (hypochlorite de calcium)

La station de dosage du chlore se compose à l'inverse des autres unités de dosage de deux réservoirs de 200l, puisque les solutions d'hypochlorite doivent être remuées en alternance. Un réservoir est en service pendant que l'autre est en préparation. Il est prévu une pompe par section de dosage.

L'hypochlorite de calcium est préparé en granulats à 65%. Pour le dosage, on prépare une solution aqueuse à 5% avec l'eau du perméat.

7.2.1. Chloration du perméat (post chloration)

Chloration continue de l'eau potable s'effectue à des fins de désinfection par l'addition d'une solution $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ dans la conduite du perméat peu avant l'entrée dans réservoir collecteur de perméat. La concentration en chlore libre (Cl_2) devrait être de 1-2 mg/l.

7.2.2. Caractéristiques techniques de la pompe de dosage

Même que la pompe de dosage de l'acide sulfurique sauf pour :

Médium de dosage	Solution hypochlorite de 5%
Capacité	0.2.8 l/h
Réglage de débit	4.2 l/h

7.2.3. Réservoir de préparation

Nombre	1
Type	Avec couverture intégrée, et alimentation et écoulement avec robinet d'arrêt en CPV
Matériau	PE
Volume	200 l
Accessoires	Agitateur Jauge de niveau d'alarme Niveau BAS et ARRET Pompe avec réglage de débit Conduites flexibles Soupape de maintien de la pression Robinet à bille

7.2.4. Chloration rapide de l'eau brute

Pour la désinfection côté eau brut, en particulier au niveau du filtre de gravier, une solution d'hypochlorite avec environ 6-12 mg/l de Cl_2 est ajoutée à intervalles réguliers (tous les 6 à 8 jours) dans la conduite d'alimentation du réservoir intermédiaire. Comme le chlore occasionne des dommages irréparables aux membranes par oxydation, l'eau brute est menée dans la canalisation d'écoulement derrière le filtre fin pendant la durée de la chloration rapide. Lorsque la l'ajout est terminé, le fonctionnement normale d'osmose inverse reprend et le chlore se diffusant

par après hors des filtres de gravier et de filtres bougies est éliminé par l'addition de méta bisulfite de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$).

7.2.5. Caractéristiques techniques de la pompe de dosage

Nombre	1
Fabricant/modèle	Preminent
Type	Pompe de dosage magnétique
Médium de dosage	Solution d'hypochlorite à 5%
Matériau tête de dosage	FPVD
Capacité	30...80 l/h
Pression de pompe	5 bars
Cylindrée	Réglage par le client
Réglage de débit	47 l/h

7.3. Réduction du CO_2

Afin d'éliminer le CO_2 agressif contenu dans l'eau, on utilise du marbre contenu dans un tamis se trouvant dans le réservoir d'eau pure. Le marbre à haute teneur calcaire procure à l'eau une plus grande dureté, ce qui diminue considérablement son agressivité. Il faut remplir le tamis de marbre à intervalles réguliers.

7.4. Dosage du méta bisulfite de sodium

Le but de l'addition du méta bisulfite de sodium est l'élimination du chlore résiduel côté au brute afin de protéger les membranes. L'addition s'effectue après la chloration rapide dans la conduite d'alimentation du filtre fin jusqu'à une teneur en chlore de max. 0.1 mg/l soit observée à la sortie. Le méta bisulfite de sodium est livré sous forme solide et est préparé en solution d'environ 25%. La concentration dans l'eau brute devrait être de 15 à 20 mg/l.

7.4.1. Caractéristiques techniques de la pompe de dosage

Même caractéristiques que la pompe de dosage de l'acide sulfurique sauf pour :

Médium de dosage	Solution de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ à 30%
Capacité	60 l
Réglage de débit	38 l/h

7.4.2. Réservoir de préparation :

Même que celui d'hypochlorite de calcium

8. Station d'analyse

Un contrôle des différents composants de l'eau est absolument nécessaire pour la longévité des membranes et pour garantir une qualité constante du perméat. A cet effet deux stations d'analyse sont intégrées à l'installation qui mesurent le pH, le chlore, la conductivité, la température ainsi que l'indice du colmatage de l'eau est du perméat. [3.DTP]



A gauche : PH mètre, conductimètre, Chlore mètre. A droite, table de l'indice de colmatage

valeur	Description / but	Valeur de consigne	Mesures en cas d'écart
Valeur pH	Eau brute : Dissolution des sels calcaires car danger de blocage par précipitation côté concentré Réglage du pH de service pour l'osmose inverse	6.5	Augmenter/diminuer par ajout d'acide sulfurique
	Perméat : Demande d'eau potable	7-7.5	Augmentation/diminuer par ajout de soude caustique
Conductivité	Perméat Echelle graduée pour la teneur résiduelle en sel et ainsi de la qualité du perméat	~800 $\mu\text{S}/\text{cm}$	En cas de membrane défectueuse :remplacer le module ou bloquer le tube de pression avec des fausses brides
Température	Eau brute : Contrôle de la température de service pour l'osmose		

	inverse	20-25 °C	
	Perméat : Valeur de référence pour déterminer le pH et la conductivité		
Teneur en chlore (Cl ₂)	Eau brute Eviter d'endommager les membranes	≤0.1 mg/l	Addition d'une solution NMBS
Indice de colmatage	Eau brute : Indice de colmatage	>4.5	Nettoyage des filtres, éventuellement chloration

9. Procédure de démarrage de la station :

Comme c'est le cas avec la plupart des processus industriels, le démarrage de la station est séquentiel. Nous présumons que la station a été complètement arrêtée. Dans ce cas la séquence de démarrage; selon le manuel de formation, sera la suivante :

- Avant de démarrer la pompe d'eau de mer il faut que la quantité d'hypochlorite dans le réservoir de dosage, soit suffisante. Cette quantité est traduite par un dépassement d'un certain niveau, défini préalablement.
- Aussi, il faut que le commutateur pour la pompe de dosage de chlorure ferrique, soit mis sur position 1.
- Mettre le commutateur pour la pompe d'eau de mer sur position 1. Cela va démarrer la pompe à vide auxiliaire de la pompe d'eau de mer. Cette pompe va évacuer l'air, qui s'est accumulé depuis le dernier arrêt de la station, du système. L'évacuation prendra trois minutes avant que la pompe d'eau de mer ne démarrera.

« Avant le démarrage de la pompe d'eau de mer, vérification de la position de la vanne d'eau brute. Au début cette vanne doit être ouverte de 15 à 20% seulement, afin d'éviter une perturbation éventuelle du lit de boue au décanteur et par la suite le transfert d'une grande quantité de sédiments au réservoir intermédiaire. »

- Lorsque le réservoir est rempli à au moins 30%, la pompe de transfert peut être démarrée en mettant le commutateur sur position 1. Par la suite le réservoir intermédiaire de la station est rempli.

- Afin d'éviter des charges du décanteur et par la suite l'extraction de la boue, il faut élargir l'ouverture de la vanne d'eau brute de 5% tous les 10 minutes, tel que la position initiale fut comprise entre 15 et 20 %. La procédure continuera jusqu'à ce que l'ouverture de la vanne s'élève à environ 65%. Même sous des conditions optimales une petite quantité de boue est toujours perturbée et va causer une turbidité indésirable. Pour cette raison il faut laissez le décanteur se clarifier pendant environ une demi heure avant de démarrer la pompe intermédiaire. La procédure de fait actuellement d'une façon manuelle, dans le programme que nous avons proposé elle peut être lancée automatiquement.
- Quand il y a assez d'eau au réservoir intermédiaire (80% environ) les filtres à sable seront mis en service. Avant le démarrage de la pompe de transfert de filtre, la vanne de by-pass en aval des filtres à cartouches doit être ouverte à 60%. Ensuite le commutateur sélectif pour la pompe de transfert des filtres doit être mis sur position AUTO. La pompe peut maintenant être démarrée, à condition que les filtres sont mis sur ON. Les filtres commencent à se remplir ce qui va prendre du temps en raison du volume d'eau à pomper. L'air est évacué à travers les soupapes de désaération montées sur les filtres. Pendant que les filtres se remplissent il est nécessaire d'observer le niveau d'eau au réservoir intermédiaire et il est possible qu'il faille réajuster le débit venant du décanteur. Après l'évacuation de l'air et le remplissage des filtres la pression se constitue au système. Le réglage de la pression à la sorties des filtres à sable peut se faire en agissant sur l'ouverture de la vanne de By-pass de façon que la pression affichée aux manomètres de filtres ne dépasse pas 4.5 bar.
- Après que les filtres sont sous pression, les pompes de dosage pour méta bisulfite de sodium et acide sulfurique peuvent être à présent démarrées. Le système doit se stabiliser pendant au moins 45minutes.
- Après 45 minutes, une des vanne de lavage en aval des filtres a cartouches, doit être ouverte afin de faciliter le flux d'eau à travers des instruments d'analyse pour chlore, valeur pH et conductivité. Le réglage du débit peut se faire selon le marquage. L'insertion d'une mesure de la valeur SDI se fait en poussant sur le bouton « Start Manual » de l'instrument SDI, si elle est inférieure à 4.0 ou quand elle le deviendra et

les autres paramètres comme chlore et valeur pH se trouvent dans la gamme spécifiée, l'unité d'osmose inverse peut être démarrée.

- Ensuite il faut ouvrir doucement les vannes des deux filtres à cartouche. La vanne de lavage du filtre à cartouche qui a été ouverte auparavant doit être fermée. Maintenant la pompe à haute pression (pompe HP) commence à tourner, entraînée par du flux d'eau. Laissez le système se rincer pendant quelques minutes avant de continuer, en ouvrant les clapets qui se trouvent en aval des filtres à cartouches.
- Afin de démarrer la pompe à haute pression (pompe HP) il faut procéder comme suit :
 1. Vérifiez qu'il n'y a pas de messages d'alarme.
 2. Mettez le commutateur sélectif de la pompe HP d'abord sur « Auto » et ensuite sur « Manu ».
 3. Vérifiez la fréquence pré-réglée sur l'indication du convertisseur de fréquences et ajustez si nécessaire. Normalement aucun ajustement n'est nécessaire car la valeur de la dernière opération est toujours enregistrée en mémoire.
 4. Poussez le bouton « Reset » qui se trouve à la porte de la première armoire.
 5. Poussez le bouton « start » de la pompe HP.

« Le moteur de la pompe commence à augmenter lentement le nombre de tours jusqu'à la valeur prescrite est atteinte, ce qui prendra environ 8 minutes. Pendant cette phase d'augmentation de vitesse la conductivité du perméat est très élevée au début mais elle va s'ajuster rapidement à des valeurs normales. Il faut environ 20 minutes avant que la surface de membrane et complètement polarisée et des paramètres stables seront atteints. »

- Le perméat est maintenant produit et remplit le premier réservoir d'eau traitée. En raison du fait que l'indicateur de niveau du réservoir est localisé sur la seconde chambre du réservoir, le niveau augmentera seulement, après que la première chambre du réservoir commence à déborder. Ce premier réservoir a été vidé par l'aspiration osmotique en retour du dernier arrêt.
- Après que le niveau de l'eau traitée est monté à environ 75%, la pompe de transfert d'eau traitée peut être démarrée. Conjointement avec la pompe de transfert d'eau traitée les pompes de dosage pour le chlore et NaOH sont démarrées.

Avec certaines stations, il existe un problème avec le pompage de la quantité produite au réservoir. En raison des pertes de charges au réseau de l'ADE. De manière idéale la pompe de

transfert d'eau traitée doit rester en service sans interruption et le niveau au réservoir doit être gardé constant. [7.Man]

Afin d'établir le Grafset de la mise en service de la station, nous avons mis en évidence tous les points essentiels. En plus, il faut noter que; toutes les pompes de transfert sont démarrées en étoile puis elles seront mises en triangle pour diminuer la puissance au démarrage ainsi, le matériel sera protégé du pic du courant ; par contre les pompes de dosage sont alimentées directement en triangle en raison de leurs petites puissances (uniquement, la pompe HP qui est commandée par un variateur de vitesse).

Chapitre 3

Elaboration du GRAFCET et programmation

Notre étude consiste avant tout à programmer l'automate de la station pour cela un passage bref sur ces derniers nous ai favorisé ainsi que les différents langage de programmation.

1. Les automates programmables

Les automates programmables industriels sont apparus à la fin des années soixante, à la demande de l'industrie automobile, qui réclamait plus d'adaptabilité de leurs systèmes de commande.

L'automate Programmable 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.

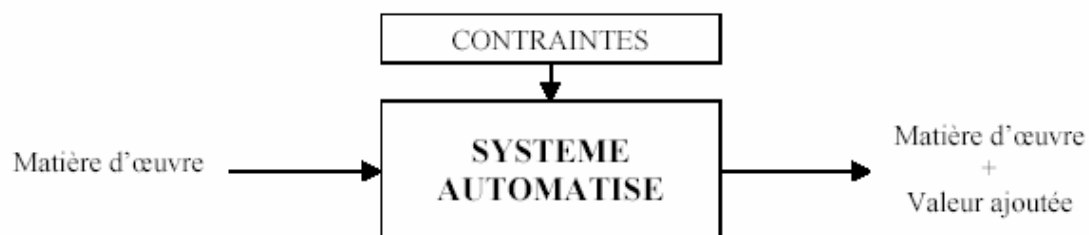
1.1. Place de l'API dans le système automatisé de production (S.A.P.) :

1.1.1. Les systèmes automatisés de production :

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

Un système automatisé est un ensemble d'éléments en interaction, et organisés dans un but précis : agir sur une matière d'œuvre afin de lui donner une valeur ajoutée.

Le système automatisé est soumis à des contraintes : énergétiques, de configuration, de réglage et d'exploitation qui interviennent dans tous les modes de marche et d'arrêt du système.



1.1.2. Structure d'un système automatisé :

Tout système automatisé peut se décomposer selon le schéma ci-dessous :

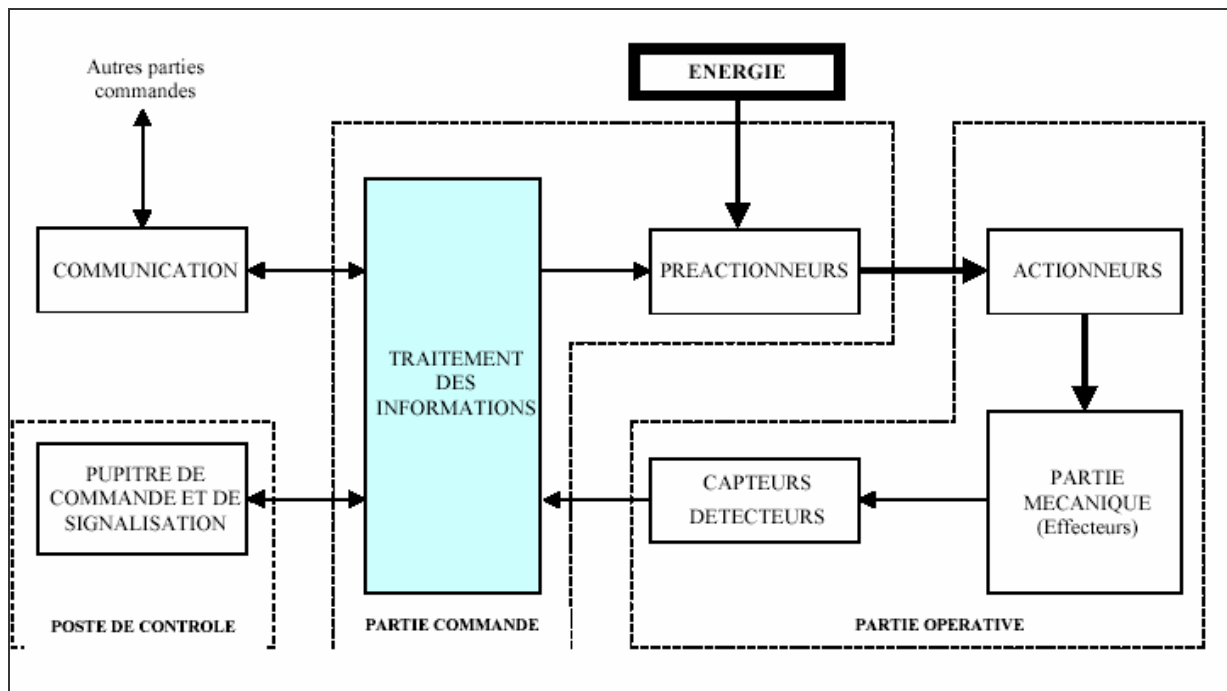


Figure III.1 : Structure d'un système automatisé

⇒ Partie opérative :

Elle agit sur la matière d'œuvre afin de lui donner sa valeur ajoutée.

Les actionneurs (moteurs, vérins) agissent sur la partie mécanique du système qui agit à son tour sur la matière d'œuvre.

Les capteurs / détecteurs permettent d'acquérir les divers états du système.

⇒ Partie commande :

Elle donne les ordres de fonctionnement à la partie opérative.

Les pré actionneurs permettent de commander les actionneurs ; ils assurent le transfert d'énergie entre la source de puissance (réseau électrique, pneumatique ...) et les actionneurs. Exemple : contacteur, distributeur ...

Ces pré actionneurs sont commandés à leur tour par le bloc traitement des informations.

Celui-ci reçoit les consignes du pupitre de commande (opérateur) et les informations de la partie opérative transmises par les capteurs / détecteurs.

En fonction de ces consignes et de son programme de gestion des tâches (implanté dans un automate programmable ou réalisé par des relais (on parle de logique câblée)), elle va commander les pré actionneurs et renvoyer des informations au pupitre de signalisation ou à

d'autres systèmes de commande et/ou de supervision en utilisant un réseau et un protocole de communication.

⇒ Poste de contrôle :

Composé des pupitres de commande et de signalisation, il permet à l'opérateur de commander le système (marche, arrêt, départ cycle ...).

Il permet également de visualiser les différents états du système à l'aide de voyants, de terminal de dialogue ou d'interface homme machine (IHM).

1.1.3. 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 processus (métallurgie, chimie ...).

Il est de plus en plus utilisé dans le domaine du bâtiment (tertiaire et industriel) pour le contrôle du chauffage, de l'éclairage, de la sécurité ou des alarmes.

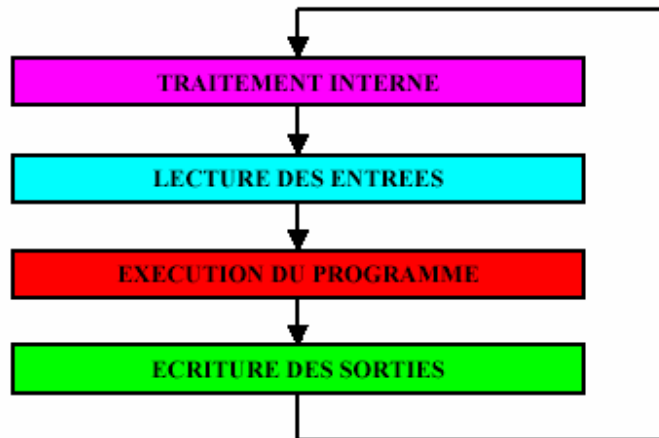
1.1.4. Nature des informations traitées par l'automate :

Les informations peuvent être de type :

- Tout ou rien (T.O.R.) : 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.

1.2. Traitement du programme automate :

Tous les automates fonctionnent selon le même mode opératoire



- 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* est le temps mis par l'automate pour traiter la même partie de programme. Ce temps est de l'ordre de la dizaine de millisecondes pour les applications standards.

2. Programmation :

2.1. Langages de programmation :

Il existe 4 langages de programmation des automates qui sont normalisés au plan mondial par la norme CEI 61131-3.

Chaque automate se programmant via une console de programmation propriétaire ou par un ordinateur équipé du logiciel constructeur spécifique.

- Liste d'instructions (IL : Instruction list) : Langage textuel de même nature que l'assembleur (programmation des microcontrôleurs).
Très peu utilisé par les automaticiens.

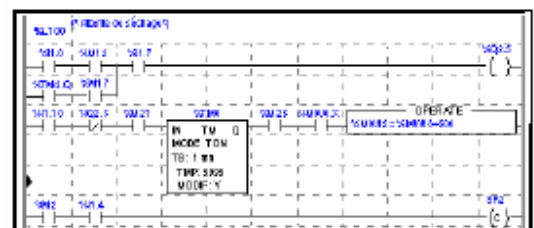
```
! %L0: LD      %I1.0
      ANDN   %M12
      OR (    %TM4.Q
      AND    %M17
      )
      AND    %I1.7
      ST     %Q2.5

! %L5: LD      %I1.10
      ANDN   %Q2.3
      ANDN   %M27
      IN     %TM0
      LD     %TM0.Q
      AND    %M25
      AND    %M00.>X5
      [%M005 := %M008+500]
```

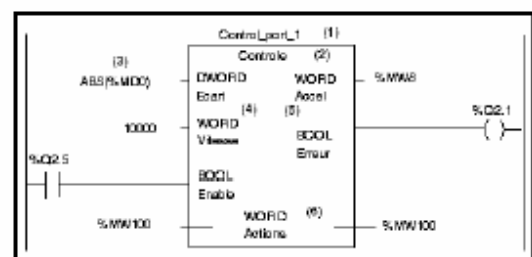
- Langage littéral structuré (ST : Structured Text)
Langage informatique de même nature que le Pascal, il utilise les fonctions comme *if ... then ... else ...* (si ... alors ... sinon ...)
Peu utilisé par les automaticiens.

```
IF %M0 THEN
  FOR %M0099 := 0 TO 31 DO
    IF %M000 [%M089] < > 0 THEN
      %M010 := %M000 [%M089];
      %M011 := %M0099;
      %M1 := TRUE;
      EXIT; (*Sortie de la boucle FOR*)
    ELSE
      %M1 := FALSE;
    END_IF;
  END_FOR;
ELSE
  %M1 := FALSE;
END_IF;
```

- Langage à contacts (LD : Ladder diagram) :
Langage graphique développé pour les électriciens. Il utilise les symboles tels que : contacts, relais et blocs fonctionnels et s'organise en réseaux (labels).
C'est le plus utilisé.



- Blocs Fonctionnels (FBD : Function Bloc Diagram) : Langage graphique où des fonctions sont représentées par des rectangles avec les entrées à gauche et les



sorties à droites. Les blocs sont programmés (bibliothèque) ou programmables.
Utilisé par les automaticiens.

2.2. Programmation à l'aide du GRAFCET (SFC : Sequential Function Chart) :

Le GRAFCET, langage de spécification, est utilisé par certains constructeurs d'automate (Schneider, Siemens) pour la programmation. Parfois associé à un langage de programmation, il permet une programmation aisée des systèmes séquentiels tout en facilitant la mise au point des programmes ainsi que le dépannage des systèmes.

On peut également traduire un grafcet en langage en contacts et l'implanter sur tout type d'automate.

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

2.3. Critères de choix d'un automate :

Le choix d'un automate programmable est en premier lieu le choix d'une société ou d'un groupe et les contacts commerciaux et expériences vécues sont déjà un point de départ.

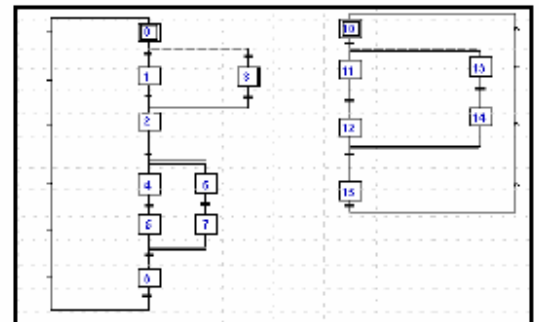
Les grandes sociétés privilégieront deux fabricants pour faire jouer la concurrence et pouvoir "se retourner" en cas de "perte de vitesse" de l'une d'entre elles.

Le personnel de maintenance doit toutefois être formé sur ces matériels et une trop grande diversité des matériels peut avoir de graves répercussions. Un automate utilisant des langages de programmation de type GRAFCET est également préférable pour assurer les mises au point et dépannages dans les meilleures conditions.

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

Il faut ensuite quantifier les besoins :

- Nombre d'entrées / sorties : le nombre de cartes peut avoir une incidence sur le nombre de racks dès que le nombre d'entrées / sorties nécessaires devient élevé.



- Type de processeur : la taille mémoire, la vitesse de traitement et les fonctions spéciales offertes par le processeur permettront le choix dans la gamme souvent très étendue.
- Fonctions ou modules spéciaux : certaines cartes (commande d'axe, pesage ...) permettront de "soulager" le processeur et devront offrir les caractéristiques souhaitées (résolution, ...).
- Fonctions de communication : l'automate doit pouvoir communiquer avec les autres systèmes de commande (API, supervision ...) et offrir des possibilités de communication avec des standards normalisés (Profibus ...).[8.API]

3. Elaboration du GRAFCET

Suivant les données et la description du déroulement de la station nous supposons en premier lieu un GRAFCET général (sans détail) par la suite il sera détaillé dans la programmation du bloc fonctionnel.

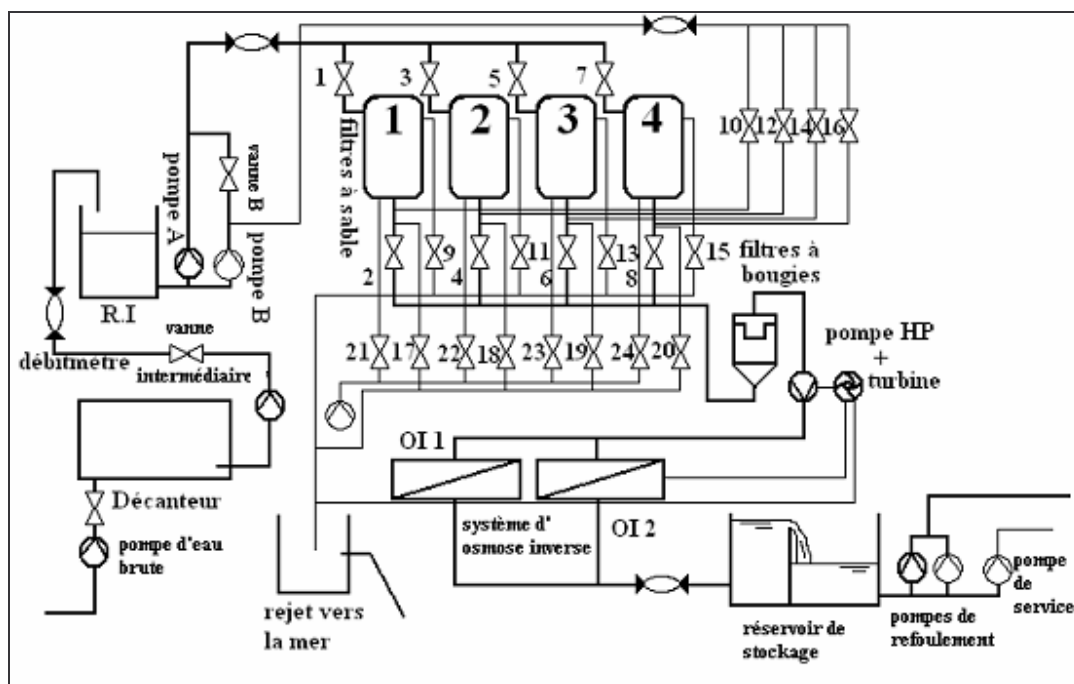
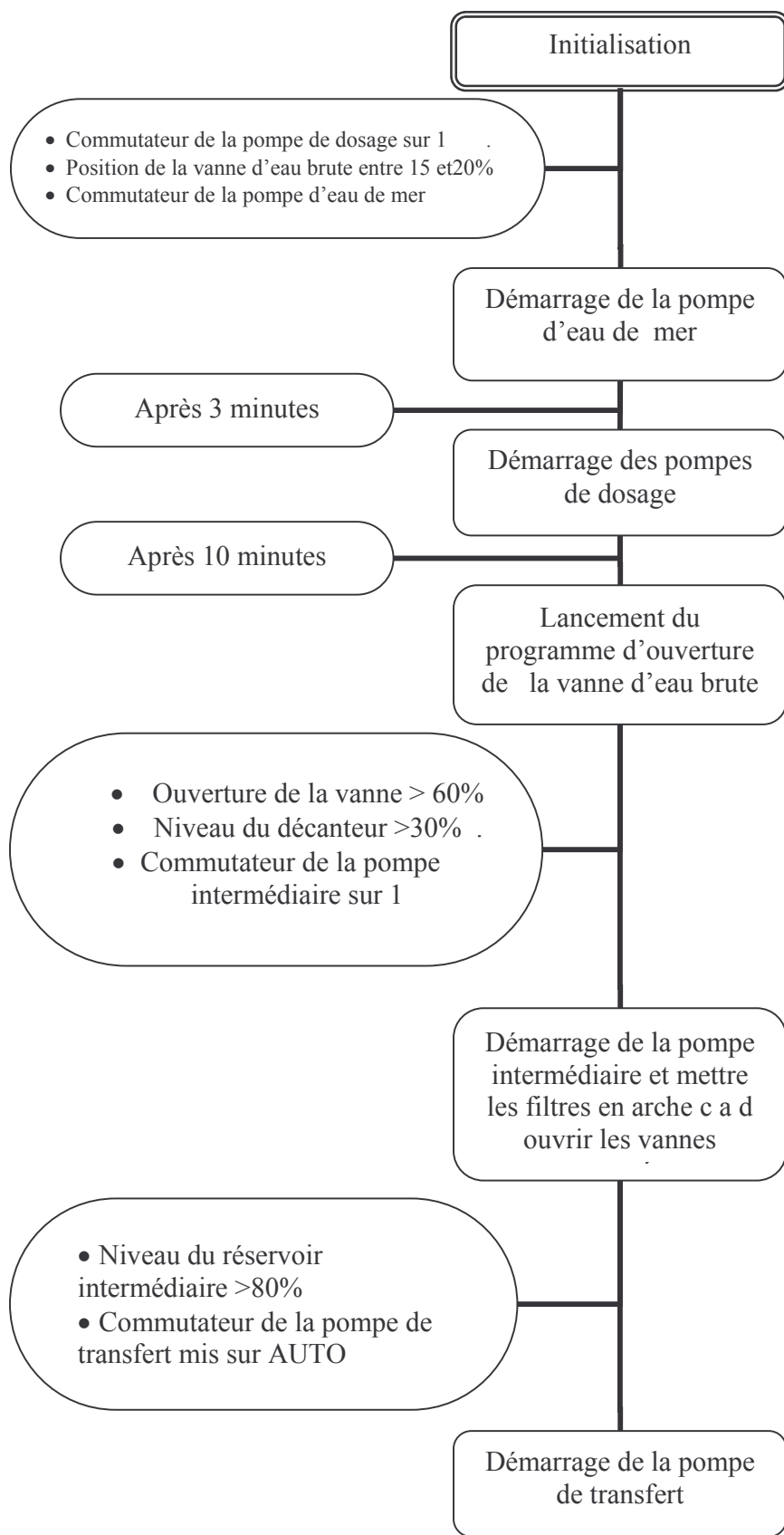
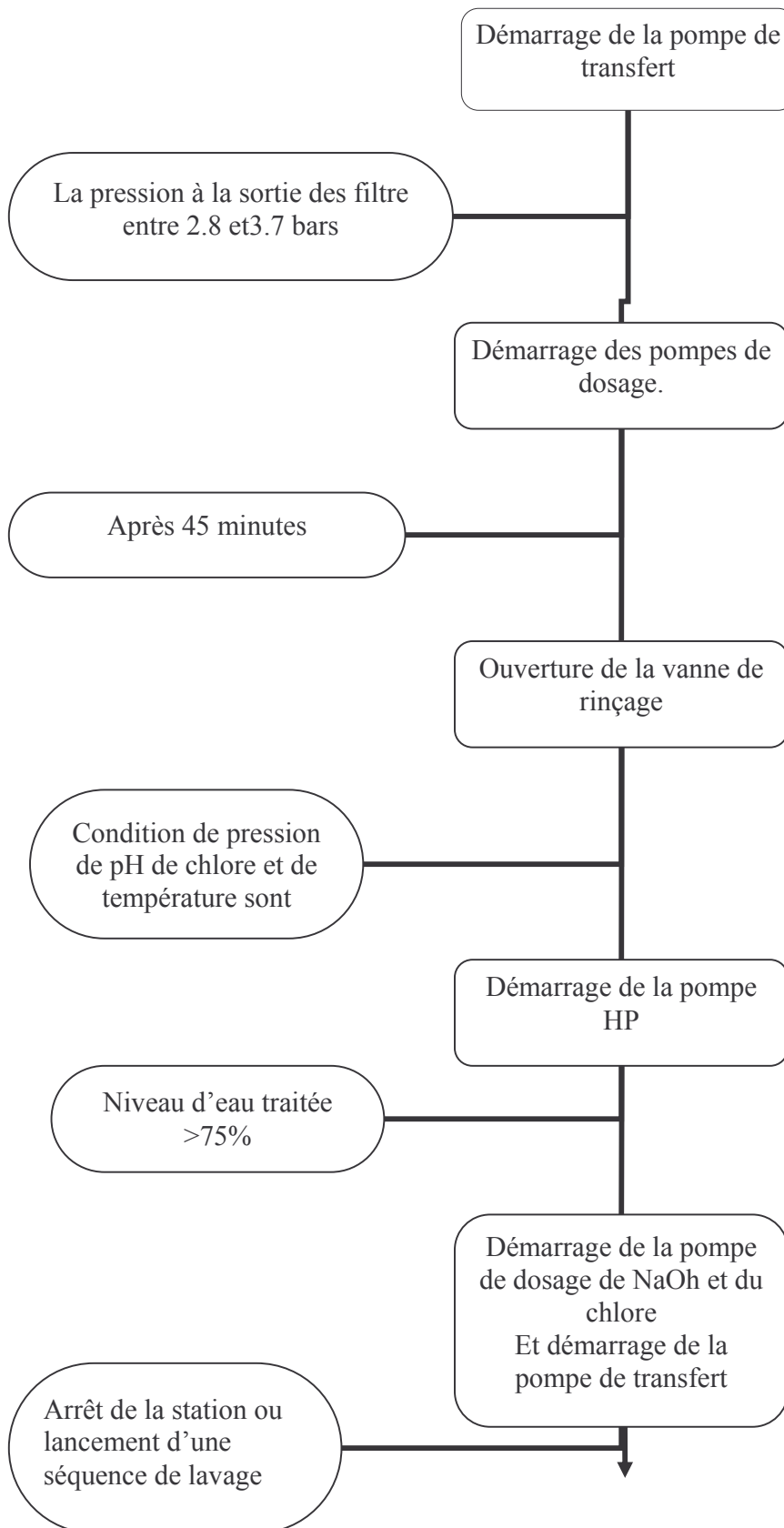
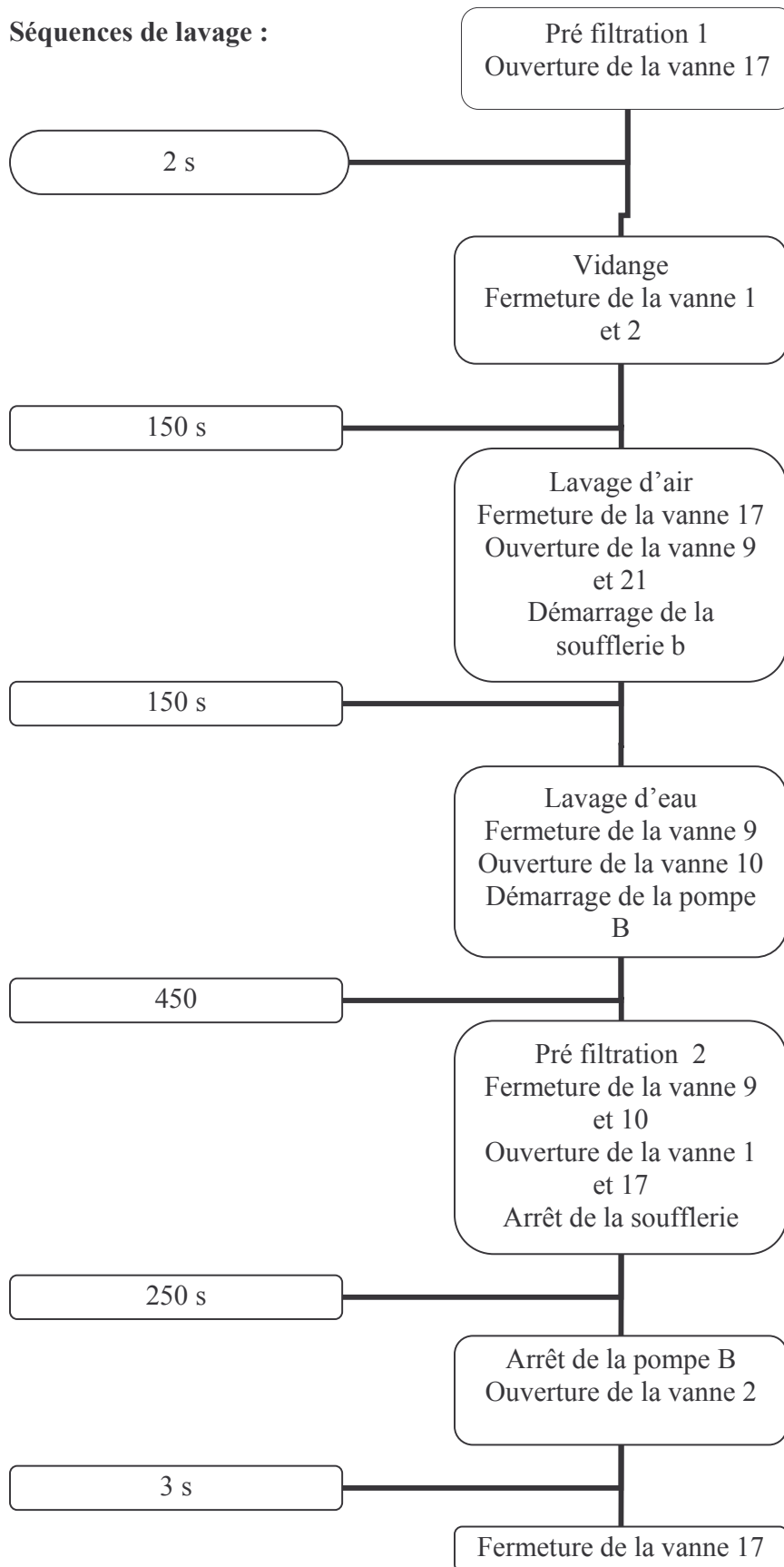


Figure III.2 : Schéma représentatif de la station





Séquences de lavage :



4. Programmation

L'automate choisi au sein de la station est un Siemens 315 ; ce qui nous a orienté vers l'utilisation de Step7 comme outil de programmation.

Le programme que nous avons proposé est mis en annexe à raison du volume, nous avons choisi quelques étapes que nous avons jugé essentiel pour les expliquer; le bloc fonctionnel est imprimé à part sur une feuille A2.

4.1. Quelques exemples du programme proposé

Comme la plupart des systèmes industriels le démarrage de la station est séquentiel, l'utilisation du langage de programmation graphique optionnel GRAPH nous a permis de programmer les commandes séquentielles. Ceci implique la création d'une succession d'étapes, la définition des actions associées à chaque étape et celle des transitions indiquant les possibilités d'évolution entre deux étapes successives. Pour définir les actions associées aux étapes, nous utilisons un langage de programmation spécial (similaire à LIST), alors que pour déterminer les conditions de réceptivité des transitions, nous utilisons une représentation sous forme de schéma à contacts (langage de programmation CONT restreint).

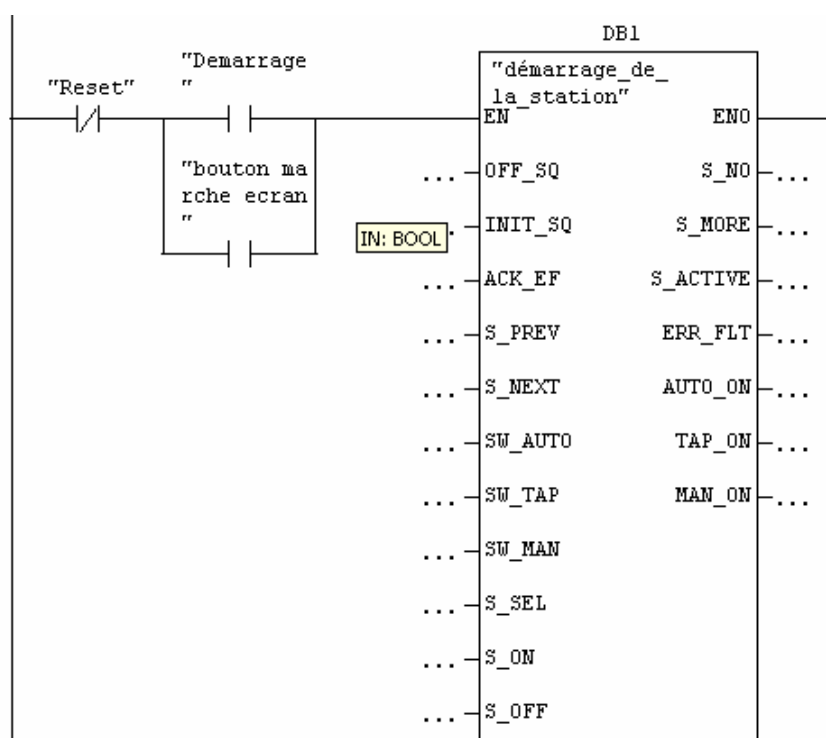
GRAPH permet la représentation très claire de séquences même complexes, ce qui favorise une programmation et une recherche d'erreurs efficace.

Pour alléger la programmation du BF1 nous avons introduit quelques transitions qui nous paraissaient complexe dans OB1 ainsi que les alarmes et l'arrêt urgent de la station (reset) enfin, une fonction FC1 est utilisée pour le démarrage des moteurs de puissance.

Réseau 1

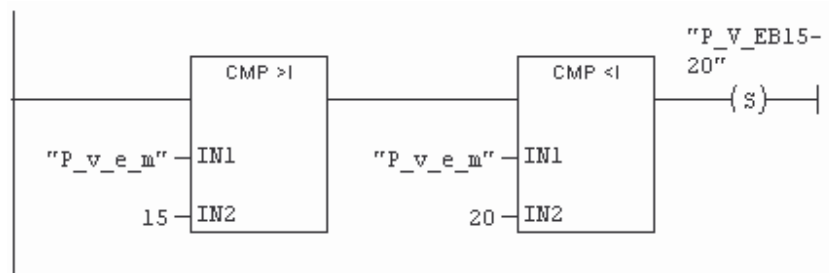
Tant que le reset n'est pas actionné (à 0) et le démarrage de la station est lancé Démarrage le déroulement séquentiel s'enclenche.

Le DB1 bloc de données d'instance communique avec toutes les fonctions appelées dans le bloc organisationnel OB1.



Réseau 2 : Test de la position de la vanne d'eau brute

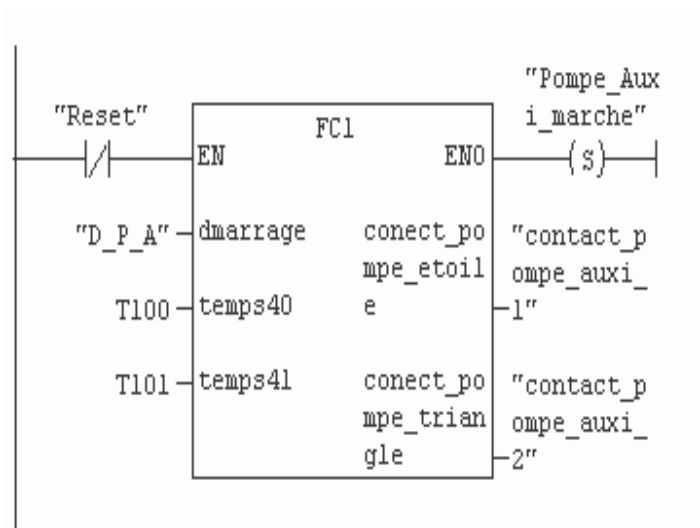
Les positions des vannes peuvent être commandées directement de l'écran. la valeur de la position de la vanne d'eau brute est gardée dans un mot (P_v_e_m) si la position de la vanne est inférieur à 20 et elle est supérieur à 15 la valeur de (A8.1)se met à 1. le premier comparateur traduit la première condition et le deuxième comparateur traduit la deuxième ;la mise en série de ces deux comparateurs traduit le "et".



Réseau3 : Démarrage de la pompe auxiliaire

une fois que la pompe auxiliaire est démarrée dans le cycle du FB1 (A0.2 se met à 1)la fonction FC1 organise les séquences de démarrage de la pompe.

La sortie Pompe_Aux_marche reflète l'état de la pompe .et comme toutes les sorties cette même sortie peut commander encore le voyant qui se trouve sur l'armoire chose qui n'est pas prise en compte dans cette étude pour ne pas charger plus la table des mnémoniques.



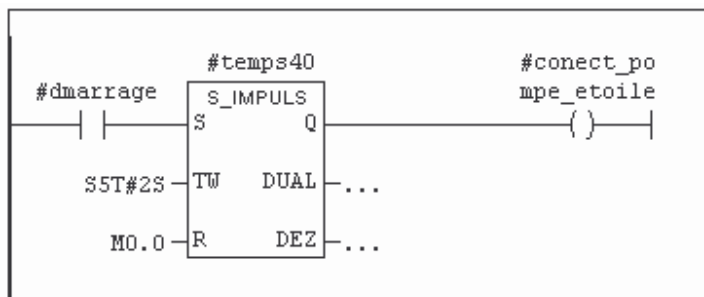
Fonctionnement de FC1

Comme c'est déjà mentionné les moteurs puissants démarre d'abord en étoile puis passent au branchement triangle. Puisque cette séquence est la même pour tous les moteurs sauf pour ceux des pompes de dosage et les agitateurs, nous avons préféré de programmer la séquence en fonction qui sera appelée à chaque démarrage.

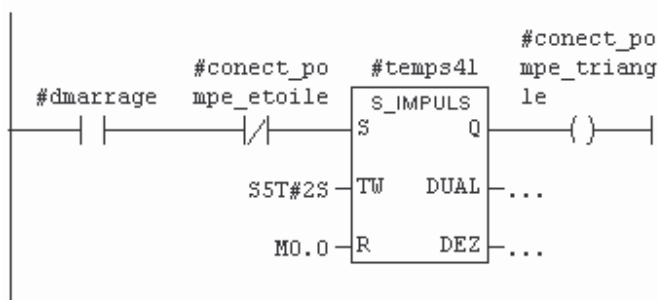
Réseau 1 : Démarrage en étoile

Les variables de la fonctions sont précédés par un # pour les définir comme étant locales, à chaque appel de la fonction FC1 une définition de ses entrées sorties est demandées.

Ici l'intervalle de la commutation est de 2 s, il peut être réglé si nécessaire.



Réseau 2 : Démarrage en triangle



Observation : le commutateur de la pompe spécifié commute d'abord sur le branchement étoile puis triangle et gardera cette position jusqu'à un nouvel ordre.

NB : Pour plus de détail en ce qui concerne la programmation, se référer au programme imprimé en totalité en annexe. Pratiquement, chaque réseau est expliqué.

Pour la simulation, un logiciel additionnel doit être installé, pour y charger tous les programmes (FC, FB, OB) par ordre hiérarchique croissant. Ainsi la simulation sera possible.

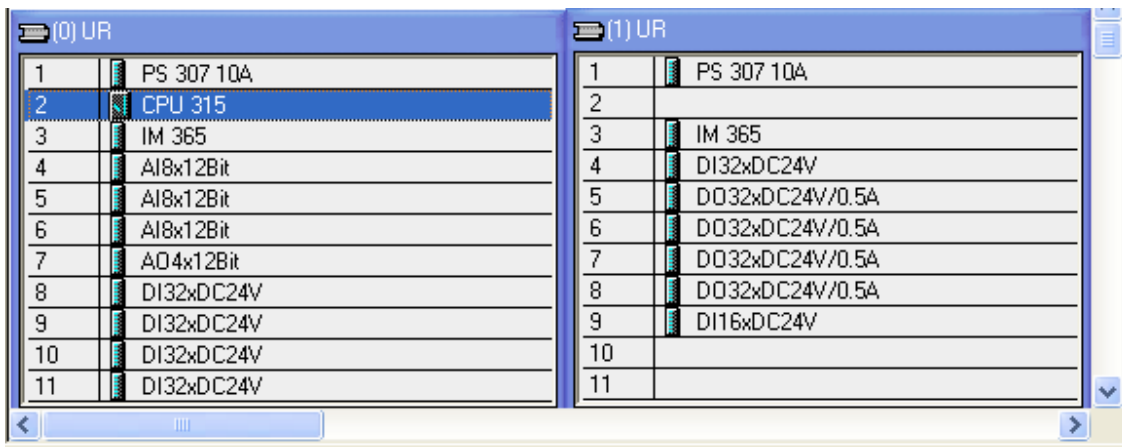
Chapitre 4

Configuration du matériel

1. Analyse :

Comme c'est déjà expliqué le programme actuel n'est pas disponible ; tout ce que nous avons pu tirer n'était qu'une simple observation de l'automate.

Suivant la configuration existante au niveau de la station; nous pouvons conclure directement que la CPU choisie est la cpu315; avec un coupleur d'extension IM365 (configuration centralisée),3 modules d'entrées analogiques 12...14bits,4 sorties analogiques 12bits,



5 modules d'entrées en TOR 24V de 32 bits par groupes de 8, 4 modules de sorties en32 bits TOR 24V 0.5A par groupes de 8 ; et en fin un module d'entrée de 16 bits par groupes de 8.

Le module d'alimentation est externe de 120/230V ,24V cc10A.

Analyse : Nous pouvons en conclure qu'il y a :

- 24 entrées analogiques.
- 4 sorties analogiques.
- 32x5+16 entrées Booléennes.
- 32x4 sorties Booléennes.

Les entrées analogiques justifient les capteurs.

Niveau décanteur	Pression à la sorties des filtres à cartouches	Conductimètre placé à l'entrée du système OI
Niveau réservoir intermédiaire	Pression à l'entrée du système d'osmose inverse	Conductimètre placé à la première sortie du système OI
Niveau de l'eau traitée	Pression à la sortie du	Conductimètre placé à la

	système d'osmose inverse	deuxième sortie du système OI
Pression à l'entrée des filtres	Débitmètre d'eau brute	Chlore mètre à l'entrée du système d'osmose inverse
Pression à la sortie du filtre 1	Débitmètre du réservoir intermédiaire	Thermomètre à l'entrée du système OI
Pression à la sortie du filtre 2	Débitmètres de la pompe de transfert B	Thermomètre après les pompes de refoulement
Pression à la sortie du filtre 3	PH mètre à l'entrée du système d'osmose inverse	Chlore mètre placé après les pompes de refoulement
Pression à la sortie du filtre 4	PH mètre placé après les pompes de refoulement	Débitmètre vers le réservoir intermédiaire

Les sorties analogiques commandent la vanne d'eau brute, la vanne intermédiaire et la vanne de transfert B.

Les 176 entrées Booléennes justifient le nombre de commutateurs et les différentes positions (arrêt/ marche) ou (arrêt/mau/auto).

Les 128 sorties Booléennes justifient les vannes des filtre (6 pour chacun), les voyants sur l'armoire les connecteurs des différentes pompes et sur- presseur et la commande des pompes de dosages et des mélangeurs.

2. La configuration proposée :

Selon la figure suivante, la mémoire de chargement de notre programme S7 est environ 23 K Octets, la mémoire du travail est environ 17.5K Octets.

Général		Blocs	Total de contrôle	Priorité de l'opérande
Mémoire requise				
Mémoire de chargement :				23192 octets
Mémoire de travail :		Code		14752 octets
		Données		2776 octets
		Total		17528 octets
Nombre de blocs				
OB :	1	SFB :		0
DB :	1	SFC :		3
FB :	1	UDT :		0
FC :	2	VAT :		0

En plus, si nous examinons la table des mnémoniques le nombre d'entrées analogiques sera 14, les 10 restantes comparé à la configuration de la station, n'est qu'un affichage donc données non traitées.

La seule sortie analogique qui est traitée dans le programme est la vanne d'eau brute, les autres sont directement commandées à partir de l'écran ou manuellement.

En ce qui concerne les entrées Booléennes, tout ce qui est en position d'arrêt ou condition non citée (par exemple un commutateur sur position arrêt) n'est pas mentionnée et cela pour alléger la programmation, nous pourrons bien par la suite les mettre en considérations en rajoutant des conditions très simples qui seront montées en série dans quelques réseaux de l'OB1.

Les sorties Booléennes sont de nombre de 83 alors que l'automate comporte 128 sorties, les 45 restantes reflètent les voyants, chose qui n'est pas traitée pour les mêmes raisons.

Conclusion

En se basant sur le terrain et le cahier des charges ; la même configuration nous a été incontournable.

Conclusion et perspectives :

Pour accomplir le travail qui nous a été demandé, nous avons dû passer en premier lieu, par l'étude de la station, les documents qui nous ont été prêtés par le personnel nous ont beaucoup aidés, la connaissance de chaque élément et la compréhension de son fonctionnement ainsi que l'enchaînement de démarrage, le passage par différentes filtrations, les séquences de lavage et les traitements chimiques étaient la première étape.

La seconde, était la découverte du step7 ; la programmation avec GRAPH nous a beaucoup facilité la tâche car la détection des erreurs est nettement plus simple, ainsi nous avons pu programmer la station selon le manuel de formation, et comme étape finale nous avons comparé les résultats issus de notre programme à celui de l'état actuel de la station, où la conclusion était très satisfaisante.

La formation nous a permis aussi de prévoir quelques améliorations possibles soit au niveau du cahier des charges soit aux possibilités d'extension du matériel.

D'abord, ce qui nous a semblé très important; du point de vue économique, le réglage de la production ; c'est-à-dire le réglage de la fréquence de la pompe HP selon la consommation (nous pensons à garder un niveau constant du réservoir d'eau traitée) ce qui va finalement cesser la perte de l'énergie et les produits chimiques en cas de surplus (éviter le rejet de l'eau traitée vers la mer).

Aussi l'étude d'une manière très sérieuse, le problème des coupures et des micro-coupures causant le premier souci au niveau de la station (environ 2 micro-coupures par jour).

Le réglage du débit des différents produits selon des paramètres idéaux est une optimisation de la qualité de l'eau et de la durée de vie des membranes. L'utilisation d'un régulateur TOR par programmation nous semble possible, chose que nous ne pouvons pas visualiser par simulation.

Finalement pour satisfaire le consommateur un contrôle quotidien de l'eau et une amélioration par ajouts de sels minéraux de quantités plus considérables nous semble très important.

Avec cette étude nous espérons que nous avons accompli le travail qui nous a été proposé ça fait quelques mois ; et qu'elle soit un document présentatif et une première étape pour les programmeurs des API notamment aux techniciens des différentes stations.

Bibliographie

- [1.RPB] : Résumé planète bleue.htm
- [2.SCA] : Ressource conventionnelle en Algérie.htm
- [3.DTP] : A partir de la page 3-31 Documentation technique Edition 1_Projet 5Wilayas PALM BEACH
- [4.DTD] : Document techniques de dessalement de l'Algérienne des eaux
- [5.DEM] : dessalement de l'eau de mer.htm
- [6.DOI] : Page 1 definition osmose_inverse.pdf
- [7.Man] : Manuel de formation du projet 5 Wilayas PALM BEACH
- [8.API] : Résumé du document Les_automates_programmable_industriel_pour_GEEA.pdf

في هذا العمل قمنا بدراسة موقف لتحلية مياه عن طريق الحلول العكسي بشاطئ النخيل، في الوهلة الأولى قمنا بتفصيل الموقف، طريقة عمله، العتاد المعمول به (مثل: المضخات، الهوائيات،.....الخ) وذلك من أجل برمجة ألي البرمجة الصناعي الذي يسيرها. وللقيام بذلك قد استعملنا ستاب 7 (نظام برمجة موجه للاستعمال) وكذا أنظمتة الإضافية التي سهلت لنا العثور على أخطاء البرمجة. وأخيرا تأتي برمجة العتاد التي تمثل المرحلة النهائية من الدراسة

المفاتيح: تحلية المياه، مبرمج، شاطئ النخيل، الحلول العكسي

Résumé :

Dans ce travail, nous avons étudié la station de dessalement par osmose inverse, de Palm Beach ; En premier lieu, nous avons décrit la station, le principe de fonctionnement, le matériel utilisé (pompes, soufflerie, ... etc.); Afin de programmer l'API qui la gère. Pour cela nous avons utilisé step 7 (langage orienté objet); aussi l'utilisation de ses logiciels optionnels tel que GRAPH et SIM, nous a beaucoup facilité la détection des erreurs. La configuration du matériel est la dernière étape de l'étude.

Mots clés : Dessalement, API, GRAFCET, Automate, Palm Beach, Step 7, Contact, osmose inverse.

Abstract :

In this work, we studied the station of desalination by osmosis reverses of Palm Beach. Initially, we described the station, the principle of operation, the material used (pumps, blower...etc.); in order to program the PLC which manages it. For that we used step 7 (language directed object). The use of its optional software such as GRAPH and SIM, facilitated us much the detection of the errors. The configuration of the material is the last stage of the study.

Key words: Desalination, PLC,, GRAFCET, Controllor, Palm Beach, Step 7, Contact, Osmosis reverses.