

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

Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou



Faculté De Génie Electrique Et D'informatique
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

**Mémoire de Fin d'Etudes
de MASTER PROFESSIONNEL**
Spécialité : **Electronique industrielle**

Présenté par
ILLEMASSENE Houria
MOUSSAOUI Célia

Mémoire dirigé par Mr Y.ATTAF

Thème

**Etude de l'unité de dessalement à Ras-
Djinet et application de la commande :
démarrage des pompes sous l'API S7-
300**

Mémoire soutenu publiquement le 12/07/2018 devant le jury composé de :

Président Mr HAMMEG

Promoteur Mr ATTAF

Examineur Mme SIDI SAID

REMERCIEMENTS

*Nous tenons à exprimer nos vifs
remerciements à toutes
Les personnes qui ont contribués de près ou de
loin à la
Réalisation de ce travail.*

*Nous tenons aussi à remercier tous le
personnel de
Ras-Djinet:et spécialement*

- *Mr Merzougui et sur tout nous
vifs remerciements à notre
encadreur Mr Attaf pour ces
précieux conseils, son
encouragement perpétuel et sa
présence permanente tout au long
de ce travail.*

*Nos sincères remerciements à tous nos
professeurs sans exception pour tous les
efforts donnés.*



Dédicaces

Je dédie ce travail à :

- ❖ *Nos chers parents, que nulle dédicace ne peut exprimer Nos sincères sentiments, pour leur patience illimitée*
- ❖ *Mes frères et sœurs*
- ❖ *Mes amis(es)*
- ❖ *Ma binôme*

CELIA

Je dédie ce travail à :

- ❖ *Toute ma famille*
- ❖ *Mes chères frères et sœurs*
- ❖ *Tout mes amis(es)*
- ❖ *Ma binôme*



HOURIA

LISTE DES ABREVIATIONS

API	: Automates programmables industriel
BA	: Bornes de l'alternateur
BBC	: Disjoncteur alternateur
BP	: Corps basse pression
CA	: Courant alternatif
CC	: courant continue
CFC	: Capteur fin de cours
CNA	: Convertisseur numérique analogique
CONT	: Schéma a contact
CP	: Communication processeur
CPU	: central Processing Unit
CTE	: Couple thermoélectrique
DB	: Bloc de données
DEM	: Débitmètre électromagnétique
E/S	: Entrée /Sortie
EEPROM	: electrically Erasable Programmable Read-only Memory
FB	: Bloc de fonction
FM	: Function Module
HMI	: Human Machine Interface
HP	: Corps Haut Pression
HW	: Hardware
IM	: Interface Module

LAN : Local Area Network

LED : Light Emitting Diode

LIST : Liste d'instruction

LOG : Logigramme

LTS : Lampe Temoin

MP : Corps Moyenne Pression

MPI : Multi-Point Interface

MSF : Multi stage flash

OB : Bloc d'Organisation

PC : Partie commande

PO : Partie operative

PG : Programming de vice

PH : Le potentiel hydrogene

PID : Proportion-integrale-derivative controller

PROFIBUS : process field bus

PS : Power supply module

RAM : Random-Access Memory

RTD : Detector de Temperature a Resistance

S : Le soutirage

SF : Disjoncteur ligne

SM/DI : Digital Input Module

SM/DO : Digital Output Module

SM/AL : Analog input module

SM/AO : Analog output module

SPC : Statice Process control
TOR : Tout Ou Rien
TP : Transformateur Principale
TS : Transformateur de soutirage
WAN : Wide Area Network

Liste des figures

Chapitre I :

Figure I.1 : Centrale thermique de Porcheville	3
Figure I.2 : Centrale thermique à flamme de Chicago (USA).....	5
Figure I.3 : Centrale nucléaire de Cattenom.....	6
Figure I.4 : Centrale solaire thermodynamique	6
Figure I.5 : Centrale hydroélectrique en Allemagne	9
Figure I.6 : Usine marémotrice de la Rance	10
Figure I.7 : Parc éolien en Angleterre.....	10
Figure I.8 : Centrale solaire photovoltaïque.....	11
Figure I.9 : Le cycle de l'eau	13
Figure I.10 : Distillation à multiples effets MED.....	14
Figure I.11 : Principe de l'osmose et de l'osmose inverse	15
Figure I.12 : Electrodialyse.....	16
Figure I.13 : Principaux procédés industriels de dessalement d'eau de mer ...	17

Chapitre II :

Figure II. 1 : La centrale thermique de RAS-DJINET.....	19
Figure II. 2 : illustration des différentes formes de transformation d'énergie	19
Figure II. 3 : Cycle eau vapeur d'une tranche thermique.....	23
Figure II. 4 : corps MP.....	25
Figure II. 5 : Corps HP	25
Figure II. 6 : Corps BP	26

Figure II.7 Centrale thermique.....	29
Figure II. 8 : station de dessalement de la centrale de RAS-DJINET	30
Figure II. 9 : Schéma simplifié du procédé de détentés successives (MSF)	31
Figure II. 10 : circuit illustrant le rôle de l'unité de dessalement et la station de .déminéralisation dans le cycle eau vapeur	32
Figure II.11 : Unités de dessalement / Centrale Ras-Djinet.....	32
Figure II. 12 : Installation de distillation de la centrale thermique	35
Figure II.13 : Schéma détaillé de l'unité de dessalement.....	38
Figure II. 14 : Contacteur	39
Figure II. 15 : Sectionneur.....	40
Figure II. 16 : Disjoncteur Moteur	40
Figure II. 17 : Disjoncteur bipolaire	41
Figure II. 18 : Débitmètre électromagnétique	40
Figure II. 19 : Manomètre électronique.....	42
Figure II. 20 : Manomètre pour pression différentielle	40
Figure II. 21 : Thermocouple. [19].....	42
Figure II. 22: Indicateur de niveau magnétique.[19].....	43
Figure II. 23 : Un Conductimètre	44
Figure II. 24: Sonde du conductimètre. [21]	44
Figure II. 25 : Pupitre de commande.....	44
Figure II. 26 : les régulateurs.....	45
Figure II. 27 : les boutons poussoirs.....	46

Chapitre III :

Figure III. 1 : Automate programmable S7-300.....	50
Figure III. 2 : Schéma d'organisation d'un système automatisé	56
Figure III. 3 : Eléments de base d'un GRAFCET	57
Figure III. 4 : Page de démarrage assistant de STEP7	65
Figure III. 5 : Choix de CPU	66
Figure III. 6 : Sélection du langage et des blocs	66
Figure III. 7 : Affectation d'un nom au programme	67
Figure III. 8 : Création d'un nouveau projet	68
Figure III. 9 : Création d'une station.....	68
Figure III. 10 : Les composantes de la station.....	69
Figure III. 1 : Catalogue de matériel.....	69
Figure III. 2 : Configuration de matériels.....	71
Figure III. 3 : Hiérarchie d'un projet STEP7	71
Figure III. 4 : Table mnémoniques relatives au poste de relèvement	72
Figure III. 5 : Fenêtre pour accéder aux variables d'entre	72
Figure III. 16 : Fenêtre pour accéder aux variables de sorties	73
Figure III. 17 : Réglage de temporisation	73
Figure III. 18 : Fenêtre pour mémentos	73
Figure III. 19 : Fenêtre pour la mise en marche de la simulation	74
Figure III.20 : Visualisation de programme.....	75

Liste des tableaux

Tableau III. 1 : Les actions pour le démarrage	60
Tableau III. 2 : Tableau des réceptivités utilisées pour le démarrage	62
Tableau III. 3 : Tableau des actions utilisées pour l'arrêt des unités de dessalement	63
Tableau III. 4: Tableau des réceptivités utilisées pour l'arrêt	64

I.INTRODUCTION.....	1
---------------------	---

Chapitre I : Généralités sur les Centrales électriques et le dessalement

I.1.1.1 Centrales électriques :.....	3
I.1.1.2. Types de production d'électricité :.....	3
I.1.2.1. Centrales thermiques :.....	5
Les centrales thermiques englobent :.....	5
I.1.2.1. Les centrales hydroélectriques :	11
I.1.3.1.Centrale marémotrice, hydrolienne ou maréthermique :.....	12
I.1.4.1. Les éoliennes :	13
I.1.5.1. Les centrales photovoltaïques :.....	13
I.2.2 . Le procédé de dessalement :.....	15
I.2.2.2. Un pré-traitement:.....	16
I.2.4. Un post-traitement ou une potabilisation:	23
I.3. Conclusion:.....	23

Chapitre II : Procédé de dessalement à la Centrale de RAS-DJINET

II.1.1 Introduction :.....	22
II.1.2.1. Implantation de la centrale :.....	23
II.1.2.2. Historique :.....	23
II.1.3. Principe de fonctionnement :.....	24
II.1.3.1. Fonctionnement du cycle eau-vapeur:.....	25
II.1.3.2. Différents constituants de la centrale :.....	30
II.1.3.2.1. Chaudière (générateur de vapeur) :	30
II.1.3.2.2. La turbine :	31

II.1.3.2.3. Le condenseur :	33
II.1.3.2.4. Les pompes :	34
II.1.3.2.5. La bache alimentaire :	34
II.1.3.2.6. Les réchauffeurs :	34
II.1.3.2.7. Alternateur :	35
II.1.3.2.8. Transformateur :	35
II.1.4. Les auxiliaires communs aux quatre tranches :	36
II.1.4.1. Système de traitement des eaux :	36
II.1.4.1.1. Station de dessalement de l'eau de mer :	36
II.1.4.1.2. Station de déminéralisation :	36
II.1.4.1.3. Station d'électro chloration :	36
II.1.4.1.4. Station de production d'hydrogène :	37
II.1.4.1.5. Post gaz :	37
II.1.4.1.6. Station fuel :	37
II.1.4.1.7. Evacuation d'énergie :	37
II.2.2. Principe du système Multi-flash :	39
II.2 .3. station de déminéralisation:	40
II.2.4.1. les différents constituants de la station de dessalement:	42
II.2.4.1.1. Evaporateur :	42
II.2.4.1.2. Chaudière :	42
II.2.4.1.3. Un réchauffeur final :	43
II.2.4.1.4. Les pompes.....	44
II.2.4.2. Description du procédé de dessalement d'eau de mer :	45
II.2.5. Partie opérative de la station de dessalement:	49
II.2.5.1. Partie électrique.....	49

II.2.5.1.1. Armoire électrique :	49
II.2.5.2. Partie Instrumentation:	51
II.2.5.2.1. Capteur de débit :.....	51
II.2.5.2.2. Capteur de pression :	52
II.2.5.2.3. Capteur de température :	53
II.2.5.2.6. Pupitre de commande:	57
II.2.5.2.7. Les régulateurs:	57
II.2.5.2.8. Les boutons poussoirs:.....	58
II.2.5.2.9. Les alarmes:	59
II.5.3. Les actionneurs :.....	59
II.6. Conclusion :.....	60

Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement

III.A.1. Introduction :.....	54
III.A .2. Définition générale d’API :.....	55
III .A .2.1. Choix de l’automate programmable S7-300 :	56
III.A .2.2. Présentation de l’automate S7-300 :	56
III.A .2.2.1. Caractéristique du S7/300 :.....	56
III.A .2.2.2. Modularité de L’API S7/300 :	57
III.A .3. Description du logiciel STEP7 :.....	59
III.A .3.1. Gestionnaire de projet SIMATIC Manager :	60
III.A.3.2. Editeur de programme :.....	60
III.A.3.3. Le simulateur des programmes PLCSIM :.....	60
III.A.3.4. Structure d’un programme STEP7 :.....	61
III.B.2. Systèmes automatisés :.....	61

III.B.2.1. Définition de l'automatisation :.....	61
III.B.2.2. L'objectif de l'automatisation :.....	61
III.B.2.3. Structure d'un système automatisé :.....	62
III.B.3. Modélisation du fonctionnement :.....	62
III.B.3.1. Grafcet :.....	62
III.B.3.1.1. Définition :	62
III.B.3.1.2. Eléments de base du GRAFCET :.....	63
III.B.3.2. Elaboration de GRAFCET de l'unité de dessalement :.....	64
III.B.3.2.1. Cahier de charges pour le démarrage des unités :.....	60
III.B.3.2.2. Modélisation par Grafcet :.....	61
III.B.3.2.3. Cahier de charge pour l'arrêt :.....	62
III.B.3.3. Modélisation par le logiciel de programmation STEP7 :.....	64
III.B.3.3.1. Création du projet dans SIMATIC Manager.....	64
III.B.3.3.2. Configuration matérielle (Partie Hardware).....	68
III.B.3.3.3. Création de la table des mnémoniques (Partie Software) :	71
III.B.3.3.4. Création du programme (Partie Software) :	72
III.B.3.3.5. La simulation du programme :	72
III.B.4. Le programme de démarrage :	76
III.B.4.1. Table des mnémoniques :.....	76
III.B.4.2. Le programme :.....	78
III.B.4.3. Conclusion:.....	84
Conclusion générale.....	85
Références bibliographiques	
Annexes	

Les phénomènes naturels étaient déjà observés depuis l'antiquité, la foudre l'une d'elle est perçue chez l'homme avec son côté dangereux, et pendant très longtemps l'électricité a terrifié les hommes qui voyaient en elle la manifestation d'un pouvoir surnaturel ou de la colère divine.

L'électricité est un phénomène physique dû aux différentes charges électriques de la matière, se manifestant par une énergie.

L'homme a depuis longtemps cherché à la maîtriser.

Les scientifiques en commencer son étude au début du 16^{ème} siècle afin de comprendre ses mécanismes et établir des lois. C'est au cours du XIX^{ème} siècle que les propriétés de l'électricité ont commencé à être comprises.

A notre époque, sans électricité, la vie quotidienne serait difficilement envisageable. L'évolution de la technologie exige de plus en plus la production d'énergie sous différentes formes pour satisfaire le besoin industriel.

La production d'électricité permet de mettre à disposition de l'ensemble des consommateurs un approvisionnement adapté à leurs besoins en énergie électrique, à tout moment.

Cette production se fait depuis la fin du 19^{ème} siècle à partir de différentes sources d'énergies primaires. Les premières centrales électriques fonctionnaient au bois. Aujourd'hui, la production peut se faire à partir d'énergie fossile (charbon, gaz naturel ou pétrole), d'énergie nucléaire, d'énergie hydraulique, d'énergie solaire, d'énergie éolienne et de biomasse.

L'électricité est difficilement stockable en grande quantité, la production de l'énergie électrique est directement liée à la consommation.

. Il est donc nécessaire de savoir produire de l'électricité de manière efficace et continue. Pour répondre à la consommation croissante d'électricité, il a fallu donc inventer et construire des usines capables de produire cette énergie en grande quantité.

Le réseau électrique est utilisé pour transporter, puis distribuer l'électricité jusqu'aux consommateurs.

L'énergie électrique ne se trouve pas dans la nature sous forme directement exploitable à l'échelle des besoins industriels, donc il est nécessaire de partir d'une autre source que l'on appelle « énergie primaire » telles que l'énergie hydraulique, l'énergie solaire, l'énergie nucléaire, thermique, l'énergie éolienne, etc...

Comme les centrales thermiques à vapeur demandent d'énormes quantités d'eau, donc elles sont en général implantées à proximité des rivières ou des lacs. La centrale thermique de Ras-Djinet a été conçue pour fonctionner à base d'eau de mer qui reste

intarissable, ce qui est très appréciable car notre pays est en grandes difficultés en termes d'infrastructures de ressources hydrauliques.

Dans ce travail, nous mettrons l'accent sur la description fonctionnelle de la centrale électrique de Ras-Djinet ainsi que le procédé de dessalement.

La centrale de Ras-Djinet est du type thermique à vapeur. Elle a pour rôle de produire de l'électricité à partir de la transformation de l'énergie calorifique (flux de vapeur) en énergie mécanique (Turbine) qui sera par la suite transformée en énergie électrique par l'intermédiaire de l'alternateur. Le dessalement d'eau de mer est effectué selon le principe de distillation par détente successive dans quatre unités identiques.

Ces unités sont commandées et surveillées par des automates programmables du type SIMANTIC S5-110S installés dans la salle de commande ou s'effectue la supervision par le pupitre de commande du fonctionnement de chacune des unités de dessalement.

Le programme utilisateur établi pour la gestion de ces unités est décrit en langage STEP5, manipule 248 entrées, 192 sorties, 249 mémentos, ce programme a été fourni par le constructeur, il n'est pas accompagné d'une documentation qui permet une meilleur exploitation.

Notre objectif vise à remplacer la commande du existante à base d'un automate programmable dit SIMANTIC STEP5 par une commande programmé par automate plus performant de type SIMANTIC STEP7.

De ce fait notre travail consiste à étudier le fonctionnement détaillé de l'unité de dessalement et développer une solution de commande à base d'un automate API S7 - 300.

Notre travail est reparti en trois chapitres :

Dans le premier chapitre nous avons abordés des généralités sur les centrales électriques et le dessalement, dans le second chapitre nous avons fait une description de la centrale RAS-Djinet en axant sur le circuit eau vapeur, le procédé de dessalement d'eau de mer ainsi que ses organes de commande et d'instrumentation.

L'architecture des automates programmables en particulier STEP7-300, la modélisation du démarrage des unités de dessalement par un outil très performant, qui est le grafcet et par la suite la programmation par logiciel STEP7 ont fait l'objet du troisième chapitre.

Enfin nous avons achevé notre travail par une conclusion générale.

Chapitre I : Généralités sur les Centrales électriques et le dessalement

I. INTRODUCTION

La production d'électricité à des niveaux de puissance importants, plusieurs centaines de mégawatts, est faite à partir de la transformation de l'énergie chimique contenue dans un combustible (charbon, fioul ou gaz) ou de l'énergie nucléaire, en chaleur, puis en énergie mécanique, puis en électricité, cette transformation est assurée par des centrales électriques.

I.1.1 Centrales électriques

Une centrale électrique est un site industriel destiné à la production d'électricité. Les centrales électriques alimentent en électricité, au moyen du réseau électrique, les consommateurs, particuliers ou industriels éloignés de la centrale. La production d'électricité y est assurée par la conversion en énergie électrique d'une énergie primaire qui peut être soit mécanique (force du vent, force de l'eau des rivières, des marées...), soit chimique (réactions d'oxydoréduction avec des combustibles, fossiles ou non tels que la biomasse), soit nucléaire, soit solaire...

Ces énergies primaires peuvent être renouvelables (biomasse) ou quasiment inépuisables (énergie solaire) ou au contraire peuvent constituer des ressources dont la disponibilité est limitée dans le temps (combustibles fossiles).



Figure : I.1 Centrale thermique de Porcheville fonctionnant au fioul lourd.

I.1.1.2. Types de production d'électricité [1]

I.1.2.1.1. Selon l'énergie primaire :

On distingue parmi les énergies primaires converties en énergie électrique dans les centrales électriques, celles qui sont improprement dites « renouvelables » (elles englobent les énergies effectivement renouvelables telles que la biomasse et celles quasiment inépuisables telles que

Chapitre I : Généralités sur les Centrales électriques et le dessalement

l'énergie solaire, l'énergie hydraulique ou l'énergie éolienne) et celles d'origine fossile ou nucléaire.

- ✚ **Les combustibles fossiles** : ce sont encore aujourd'hui les énergies primaires les plus utilisées dans le monde pour la génération d'électricité. C'est principalement le charbon qui est utilisé, mais on trouve également des centrales au fioul et surtout au gaz naturel, qui sont brûlés soit dans des chaudières, soit dans des turbines à combustion (turbines à gaz) ou encore dans des moteurs Diesel entraînant un alternateur ;
- ✚ **Les autres combustibles** : on peut également, pour la production d'électricité, brûler dans des chaudières spécifiques de la biomasse ou des déchets (ordures ménagères), mais ces combustibles sont plutôt utilisés dans des réseaux de chaleur ;
- ✚ **L'énergie nucléaire** : la chaleur permettant la génération de vapeur d'eau est produite par la fission d'uranium ;
- ✚ **L'énergie solaire** : elle est utilisée soit dans des chaudières solaires produisant de la vapeur d'eau destinée à être turbinée, soit dans des centrales constituées d'une multitude de panneaux photovoltaïques
- ✚ **L'énergie hydraulique** : dans les centrales hydrauliques, c'est soit la force du courant des rivières (centrales au fil de l'eau), soit celle de la chute d'eau (barrages, conduites forcées) qui est utilisée pour actionner la turbine entraînant l'alternateur. La force des marées est aussi utilisée (usines marémotrices).
- ✚ **L'énergie éolienne** : la force du vent permet également d'entraîner un alternateur pour produire de l'électricité.

I.1.2.1.2. Selon la technologie :

Hormis dans les centrales photovoltaïques encore peu répandues, la génération d'électricité est assurée par un alternateur entraîné par une turbine ou exceptionnellement par un moteur à explosion (moteur Diesel stationnaire, moteur à gaz).

Le rendement de conversion mécanique/électrique est d'environ 98 %. L'essentiel des pertes se fait donc sur la conversion thermique-mécanique, la cogénération permettant d'améliorer le rendement global de l'installation.

Plusieurs technologies de turbines sont disponibles selon le fluide utilisé pour les actionner :

- ✚ turbine à vapeur ;
- ✚ turbine à combustion (communément, mais improprement appelée turbine à gaz) ;
- ✚ turbine hydraulique ;
- ✚ Une éolienne est aussi une sorte de turbine.

Chapitre I : Généralités sur les Centrales électriques et le dessalement

I.1.2.1. Centrales thermiques :



Figure I.2 : Centrale thermique à flamme de Chicago (USA)

Les centrales thermiques englobent :

I.1.3.1.1. Les centrales thermiques à flamme : qui elles-mêmes comprennent :

- ✓ **les centrales conventionnelles** : dans lesquelles un combustible fossile (charbon, fioul, gaz naturel, etc.) ou autre (biomasse) est brûlé dans une chaudière pour produire la vapeur surchauffée alimentant la turbine ;
- ✓ **les centrales à turbine à combustion** : à simple cycle, brûlant généralement du gaz, parfois du fioul (léger ou lourd réchauffé) ;
- ✓ **les centrales à cycle combiné** : brûlant les mêmes combustibles que dans un simple cycle, mais avec un bien meilleur rendement grâce à l'adjonction d'une chaudière de récupération et d'une turbine à vapeur.
- ✓ **les centrales à moteur Diesel ou à gaz** :
 - les centrales nucléaires ;
 - les centrales géothermiques.

I.1.1.3.1.2 Les centrales utilisant un cycle vapeur :

Hormis les centrales à turbines à combustion et celles à moteurs à explosion, les centrales thermiques utilisent un cycle vapeur.

Le principe du cycle vapeur :

Dans un générateur de vapeur (aussi appelé chaudière), de l'eau sous pression est vaporisée et surchauffée. Elle est ensuite admise dans une turbine à vapeur où elle est détendue. Lors de cette détente, l'énergie contenue dans la vapeur est convertie en énergie mécanique et entraîne en rotation le rotor de la turbine couplé à l'alternateur. La vapeur détendue est ensuite admise dans un condenseur où l'eau se retrouve en phase liquide. Cette eau est alors ramenée en chaudière grâce à des pompes alimentaires et repart pour un nouveau cycle.

Chapitre I : Généralités sur les Centrales électriques et le dessalement

Dans la pratique et pour améliorer le rendement thermodynamique, la turbine à vapeur est constituée de 2 (voire 3) corps : à la sortie du premier corps (dit HP, pour haute pression) la vapeur est retournée à la chaudière où elle est resurchauffée avant d'alimenter le second corps (MP : moyenne pression).

I.1.1.3.1.2. Centrales thermiques conventionnelles :

Les centrales les plus répandues sont constituées d'une chaudière et d'une turbine à vapeur (Cycle de Rankine). Leur carburant est le plus souvent du charbon mais on trouve aussi des chaudières utilisant de la biomasse, du gaz naturel, du pétrole, du fioul ou des déchets municipaux.

La plupart des centrales à charbon sont de type à « charbon pulvérisé », où le charbon est réduit en poudre très fine dans des broyeurs et injecté dans le foyer de la chaudière. Les centrales les plus récentes possèdent un cycle vapeur supercritique, qui permet d'avoir un rendement qui dépasse 45 %.

Certaines centrales à charbon récentes comprennent des chaudières à lit fluidisé circulant. Le principe de la chaudière à lit fluidisé circulant est de faire brûler du charbon finement concassé auquel on ajoute des granulats de calcaire ou du sable en suspension dans l'air, à une température de 800 à 900 °C. Le "lit" circule en boucle jusqu'à complète combustion du charbon. La température modérée évite la formation d'oxydes d'azote et la présence de calcaire permet la désulfuration des fumées³. On distingue : les chaudières à lit fluidisé atmosphérique (la centrale à lit fluidisé atmosphérique de Gardanne fut à sa mise en service la plus puissante au monde) et les chaudières à lit fluidisé sous pression⁴.

I.1.1.3.1.2. Centrales nucléaire :



Figure I. 3 : Centrale nucléaire de Cattenom

Les centrales nucléaires utilisent également des cycles de conversion thermodynamique : dans le réacteur nucléaire, l'énergie obtenue à la suite de la réaction de fission de l'uranium et du plutonium est la source de chaleur utilisée. Un circuit primaire permet de refroidir le réacteur et de transférer la chaleur dégagée à un générateur de vapeur (chaudière) qui produit la vapeur d'eau alimentant la turbine à vapeur, comme dans une centrale thermique conventionnelle.

Chapitre I : Généralités sur les Centrales électriques et le dessalement

Actuellement, les centrales nucléaires produisent environ 15 % de l'électricité mondiale. Elles n'émettent pas de gaz carbonique (CO₂) contrairement aux centrales conventionnelles à flamme, mais elles engendrent des déchets radioactifs, qui doivent être confinés, et tout risque d'accident, comme dans toute entreprise, ne peut être exclu. La probabilité d'occurrence d'un tel accident, sur les centrales modernes, est sujette à débat.

I.1.1.3.3. Les centrales solaires :



Figure I.4 : Centrale solaire thermodynamique

Une centrale solaire thermodynamique capte un maximum d'énergie thermique solaire en utilisant plusieurs rangées de miroirs disposés en arc de cercle face à la course du soleil, qui renvoient les rayons solaires en un seul point, le foyer. Pour que le foyer ne change pas de position en permanence, les miroirs sont orientables et pilotés par un système centralisé. À ce foyer, une chaudière contenant un liquide sert de capteur d'énergie.

Un autre système utilise des miroirs incurvés face au sud dans l'hémisphère nord munis d'un tube rempli d'un fluide qui s'échauffe aux rayons du soleil concentrés par le miroir. Le liquide est en général de l'eau qui surchauffée par l'énergie thermique solaire est conduite jusqu'à une turbine à vapeur.

Un autre système appelé tour solaire utilise l'énergie solaire pour chauffer l'air contenu dans une immense serre. L'air chauffé plus léger monte dans une cheminée où il met en mouvement des turbines.

I.1.1.3.4. Les centrales géothermiques :

Principe :

La terre est composée d'une croûte, posée sur un manteau de roche en fusion. Le principe de l'énergie géothermique consiste à creuser un trou dans cette croûte, à envoyer un fluide caloporteur au fond à l'aide d'un tuyau et à récupérer ce fluide chauffé remontant par un autre tuyau. Cette chaleur fait tourner des turbines qui entraînent des alternateurs. Cette énergie est d'un usage courant en Islande où elle est facile à mettre en œuvre.

I.1.2.1. Les centrales à turbines à combustion :

Chapitre I : Généralités sur les Centrales électriques et le dessalement

I.1.2.1.1. À cycle simple :

Les turbines à gaz en cycle simple sont peu coûteuses à construire, de plus elles ont l'avantage de démarrer très rapidement (contrairement aux centrales conventionnelles à vapeur qui ont une certaine inertie). Néanmoins, leur rendement faible (35 % au mieux) empêche de les utiliser directement pour la production d'électricité sans valoriser leur chaleur résiduelle, sauf en appoint lors des pics de demande ou à toute petite échelle, ou encore dans les pays producteurs de pétrole.

I.1.2.1.2. À cycle combiné :

Le cycle combiné consiste à récupérer l'énergie thermique des gaz très chauds à l'échappement de la turbine à combustion (dépassant désormais 600 °C), pour produire, dans une chaudière de récupération, de la vapeur d'eau utilisée pour alimenter un groupe turbo-alternateur à vapeur. Cette solution permet une augmentation notable du rendement énergétique global de la centrale. Généralement, ce type de centrale comprend deux alternateurs, l'un entraîné par la turbine à combustion, l'autre par la turbine à vapeur. Cette solution permet, depuis l'arrêt complet, de démarrer rapidement la turbine à combustion, la turbine à vapeur ayant, elle, un temps de démarrage plus long ; cette disposition a l'inconvénient d'être plus encombrante que la solution à un seul alternateur où les deux turbines sont montées sur la même ligne d'arbres. La puissance de la turbine à vapeur étant environ 50 % de la puissance de la turbine à combustion, des constructeurs de centrale ont installé sur certains sites deux turbines à combustion entraînant chacune un alternateur, et une turbine à vapeur alimentée par les deux chaudières et entraînant un troisième alternateur identique aux deux autres.

I.1.2.1.3. Procédé Cogénération :

Dans le cas de turbine à vapeur entraînant une génératrice d'électricité, la cogénération (ou trigénération) n'augmente pas le rendement électrique, mais se contente d'envoyer les gaz chauds à la sortie de la turbine vers un procédé industriel consommateur de chaleur ou une chaudière de récupération produisant de la vapeur utilisée dans un procédé industriel. Le rendement atteint est un rendement global : rendement électrique plus rendement de transfert thermique. Le but principal est souvent le procédé industriel, la production d'électricité étant soumise au besoin de chaleur.

I.1.3.1. Les centrales à moteurs à explosion :

Certaines centrales électriques utilisent des moteurs Diesel pour entraîner les alternateurs. C'est le cas en particulier des centrales de Vazzio et Lucciana, en Corse.

I.1.3.2. Centrale électrique temporaire :

Chapitre I : Généralités sur les Centrales électriques et le dessalement

Dans les pays émergents ne disposant pas de suffisamment de moyens de production d'électricité ou dont les moyens de production ne permettent pas de faire face à la demande grandissante de la population et des industries (baisse du niveau d'eau dans les barrages hydro-électriques par exemple), des centrales électriques temporaires, consistant en l'installation de groupes électrogènes industriels et synchronisés entre eux, peuvent être installées en quelques semaines. C'est également le cas en France, par exemple lors de coupures des lignes électriques du fait de phénomènes météorologiques.

I.1.2.1. Les centrales hydroélectriques : [2]



Figure I.5 : Centrale hydroélectrique en Allemagne

I.1.2.2. Principe :

L'énergie hydraulique est depuis longtemps une solution mise en œuvre dans la production d'électricité (appelée aussi énergie hydroélectrique), qui utilise une énergie renouvelable.

À un étranglement des rives d'un cours d'eau est érigé un barrage qui crée une retenue d'eau. Au pied de ce barrage, ou bien plus bas, à l'aide de conduite forcée, on installe des turbines reliées à des alternateurs. On alimente en eau sous pression les turbines par un système de canalisations et de régulateurs de débit.

Il y a différents types de centrales hydroélectriques, notamment les micro-centrales, installées sur des rivières en tête de bassin, certaines avec un fort impact écologique.

Il existe également des centrales hydroélectriques de pompage-turbinage qui permettent d'accumuler l'énergie venant d'autres *sites de productions* peu flexibles (telles que les centrales nucléaires) ou intermittents (productions éoliennes ou solaires) lorsque la consommation est basse, pour la restituer lors des pics de consommation.

I.1.3.1. Centrale marémotrice, hydrolenne ou maréthermique :



Figure I.6 : Usine marémotrice de la Rance

I.1.3.2. Principe :

L'eau des mers et des océans peut également être utilisée pour produire de l'électricité.

Quatre formes principales d'énergie marines existent :

- L'énergie marémotrice qui utilise l'énergie potentielle des marées ;
- L'énergie hydrolienne ou l'énergie cinétique des courants de marée, des grands courants océaniques voire des rivières ;
- L'énergie thermique des mers qui utilise les différences de températures de l'eau à différentes profondeurs.
- L'énergie des vagues. Le mouvement des vagues est converti en énergie électrique.

I.1.4.1. Les éoliennes :



Figure I.7 : Parc éolien en Angleterre

I.1.4.2. Principe :

Dans une centrale éolienne, l'énergie électrique est produite directement par des génératrices éoliennes. Ces machines sont formées d'un mât, sur lequel est installé un générateur électrique entraîné par une hélice, elles sont positionnées idéalement sur les plans d'eau ou les collines ventées. L'alternateur permet de transformer cette énergie mécanique en énergie électrique.

I.1.5.1. Les centrales photovoltaïques :



Figure I.8 : Centrale solaire photovoltaïque

I.1.5.2. Principe :

Ce mode de production d'électricité avec l'énergie solaire utilise les rayonnements lumineux du soleil, qui sont directement transformés en un courant électrique par des cellules à base de silicium ou autre matériau ayant des propriétés de conversion lumière/électricité. Chaque cellule délivrant une faible tension, les cellules sont assemblées en panneaux.

Ce système, bien que de rendement faible, est très simple à mettre en œuvre et particulièrement léger. Inventé pour les besoins des satellites artificiels militaires, il est aujourd'hui très utilisé pour une production locale ou embarquée d'électricité. Ce moyen peut être utilisé comme moyen de production à l'échelon individuel. Dans une maison individuelle, 20 m² de panneaux produisent sur la totalité d'une année ce que consomme un foyer de quatre personnes. Ils sont préconisés dans la réalisation des maisons dites « autonomes » ou « passives ».

Des panneaux solaires embarqués à bord de bateaux, véhicules terrestres, satellites et vaisseaux spatiaux, secondés par une batterie d'accumulateurs. Ces accumulateurs fournissent de l'énergie pendant les moments de non ou faible production des panneaux et stockent le surplus d'électricité pendant les moments de grande production.

I.2.1. Dessalement de l'eau de mer :

Les procédés de dessalement de l'eau séparent les sels dissous et les autres minéraux de l'eau. Les sources d'eau d'alimentation peuvent inclure l'eau saumâtre, l'eau de mer, les puits, les eaux de surface (rivières et cours d'eau), les eaux usées et les eaux d'alimentation et de traitement industrielles. La séparation membranaire nécessite des forces d'entraînement comprenant la pression (appliquée et la vapeur), le potentiel électrique et la concentration pour surmonter les pressions osmotiques naturelles et forcer efficacement l'eau à travers les processus membranaires. En tant que telle, la technologie consomme beaucoup d'énergie et la recherche évolue continuellement pour améliorer l'efficacité et réduire la consommation d'énergie.

Il existe de nombreuses méthodes de dessalement décrites ci-dessous. L'osmose inverse est actuellement le type de dessalement le plus courant, et la distillation éclair multi-étages est la

Chapitre I : Généralités sur les Centrales électriques et le dessalement

méthode qui produit actuellement la plus grande quantité d'eau dessalée. (Il existe plusieurs autres types moins fréquents de méthodes de dessalement et de sources d'énergie qui ne sont pas abordées ici.

I.2.2 .Le procédé de dessalement : : [3]

Quel que soit le procédé adopté, chaque usine fonctionne selon le même schéma :

1. Une prise d'eau de mer.
2. Un pré-traitement.
3. Le procédé de dessalement.
4. Un post-traitement ou une potabilisation.

A l'issue de ces quatre étapes, l'eau de mer est rendue potable ou utilisable industriellement. Elle doit alors respecter des règles et des mesures conventionnelles.

I.2.2.1. Une prise d'eau de mer:

En premier lieu, l'eau de la mer est pompée dans le respect de l'écosystème marin à une vitesse trois fois inférieure à la vitesse des poissons.

I.2.2.2. Un pré-traitement:

Afin de respecter les normes et d'assurer un bon dessalement, le traitement des eaux marines est obligatoire. Ainsi, les principales étapes d'un prétraitement sont les suivants:

I.2.2.2.1. Dégrillage et tamisage : L'eau est d'abord filtrée à travers une grille afin d'arrêter les plus gros déchets susceptibles d'endommager les installations et de diminuer l'efficacité globale du procédé de traitement, puis elle passe dans des tamis à mailles fines retenant des déchets plus petits.

I.2.2.2.2. Flocculation et décantation : Un coagulant est ajouté à l'eau pour rassembler en flocons les déchets (poussières, particules de terre) qui se déposent au fond du bassin.

I.2.2.2.3. Filtration sur sable : La filtration sur sable élimine les matières visibles à l'œil nu. Les filtres à charbon actif retiennent les micropolluants, comme les pesticides.

I.2.2.2.4. Ozonation: L'eau est désinfectée grâce à l'ozone, qui a une action bactéricide et antiviral. Ce gaz améliore également la couleur de l'eau.

I.2.2.2.5. Chloration: Du chlore est ajouté afin d'éviter le développement des bactéries et d'inactiver des micro-organismes qui peuvent conduire à l'obstruction des canalisations.

A l'issue de cette étape de pré-traitement, il ne reste que des molécules d'eau et du sel (l'eau de 30 à 50g de sel /L).

I.2.3. Les différentes techniques de dessalement:

Les technologies actuelles de dessalement des eaux sont classées en deux catégories: D'une part, les procédés thermiques faisant intervenir un changement de phases: la distillation

Chapitre I : Généralités sur les Centrales électriques et le dessalement

traditionnelle et la distillation à multiples effets. D'autre part, les procédés utilisant des membranes comme l'osmose inverse et l'électrodialyse..

I.2.3.1. La distillation traditionnelle :

La distillation occupe aujourd'hui environ 60% du marché mondial du dessalement. Ce principe de dessalement très simple est la plus vieille et la plus rustique des techniques de dessalement, elle a été utilisée dès l'Antiquité pour produire de très faibles quantités d'eau douce sur les bateaux. Il s'agit simplement de chauffer l'eau de mer pour en vaporiser une partie. La vapeur ainsi produite ne contient pas de sels, il suffit alors de la condenser pour obtenir de l'eau douce liquide. Il s'agit en fait d'accélérer le cycle naturel de l'eau. En effet l'eau s'évapore naturellement des océans, la vapeur s'accumule dans les nuages puis l'eau douce retombe sur terre par les précipitations.



Figure I.9 :Le cycle de l'eau

L'eau de mer contenue dans le ballon est chauffée au moyen d'un chauffe ballon. L'eau se transforme alors en vapeur et passe dans la colonne Vigreux, où sa température est évaluée à l'aide d'un thermomètre. La vapeur passe ensuite dans la colonne réfrigérante alimentée en eau froide . Elle est alors condensée et redevient donc liquide. Ainsi, on obtient de l'eau pure dépouillée des corps moléculaires et ions nécessaires au corps humain.

I.2.3.2. Le procédé de distillation à multiples effets MED :

Dans ce procédé, l'eau est dessalée dans plusieurs évaporateurs reliés en série que l'on appelle effets. Chaque évaporateur est relié en son haut par un tuyau rempli d'eau de mer. L'eau de mer entre dans le 1er évaporateur et est chauffée par des tubes en serpentin, alimentés par un système de chauffage. Le sel et l'eau non évaporés tombent au fond de la cellule tandis que l'eau

Chapitre I : Généralités sur les Centrales électriques et le dessalement

évacuée entre dans le second évaporateur par le biais d'un autre tuyau. L'eau salée tombant du plafond est chauffée par les serpentins et la vapeur à l'intérieur de ces tuyaux se condense puis est évacuée dans un système de stockage d'eau distillée. L'eau salée qui est tombée sur les conduits en serpentins se transforme en vapeur et passe dans un tuyau l'amenant dans le troisième évaporateur et ainsi de suite. La saumure, qui est restée au fond de chaque cellule est évacuée. Il y a un compresseur qui baisse la pression d'effet en effet pour augmenter la température d'ébullition.

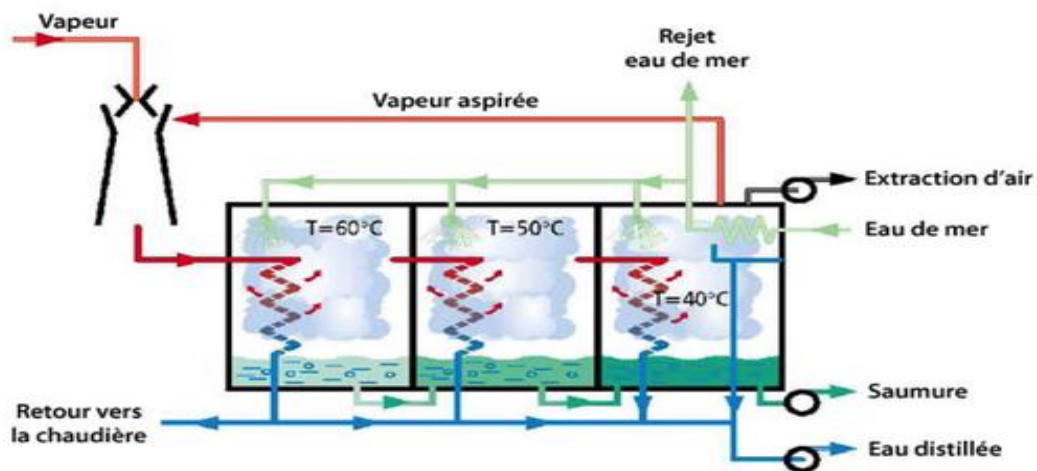


Figure I.10 : Distillation à multiples effets MED

I.2.3.3. Osmose inverse :

L'eau salée pompée et traitée est envoyée sous forte pression à travers une membrane extrêmement fine. La pression exercée sur l'eau est alors équivalente à une centaine d'éléphants sur une plaque d'égout. Le procédé de l'Osmose inverse a été inventé par la N.A.S.A. et était au départ destiné à la purification de l'eau consommée par les cosmonautes pendant les voyages dans l'espace inspiré du phénomène chimique appelé l'Osmose.

Plus précisément, on appelle « Osmose », le transfert de solvant à travers une membrane semi-perméable sous l'action d'un gradient de concentration. Ce système est formé de deux compartiments séparés par une membrane semi-perméable utilisée pour empêcher le passage des particules, des sels dissous, et des molécules organiques. Le phénomène d'osmose va se traduire par un écoulement d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée.

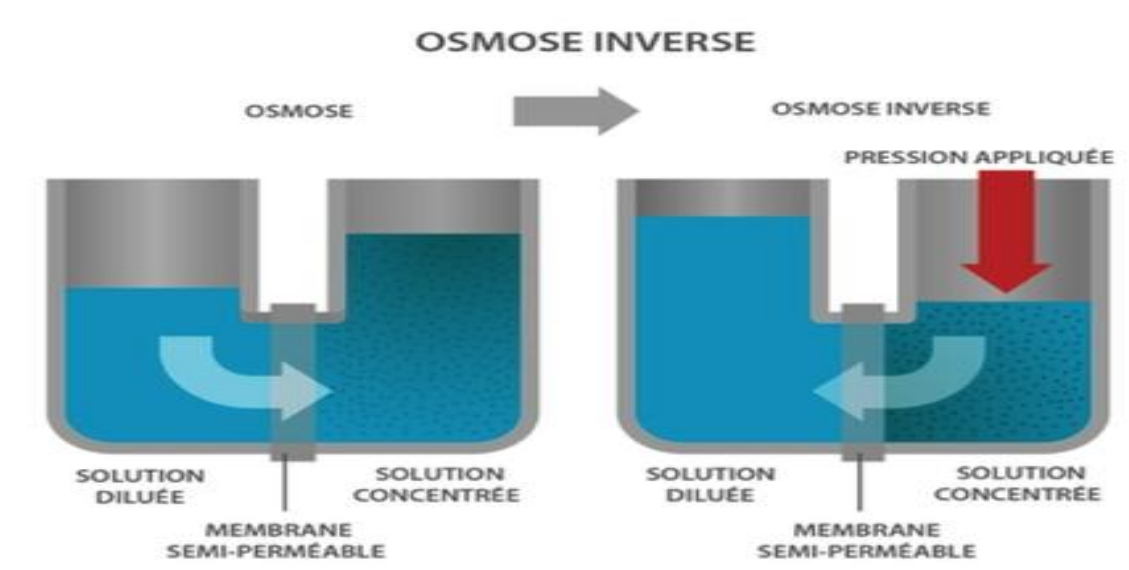


Figure I.11 : Principe de l'osmose et de l'osmose inverse

En appliquant une pression sur la solution concentrée, il arrivera un moment où la pression appliquée sera telle que le flux d'eau s'annulera. Une augmentation de la pression au delà de la pression osmotique va se traduire par un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique à travers la membrane semi-perméable (voir figure 1), c'est-à-dire de la solution concentrée vers la solution diluée : c'est le phénomène d'osmose inverse. Finalement, on obtient de l'eau pure dans un compartiment et une solution d'eau salée très concentrée dans l'autre.

Pour donner plus de crédibilité et une preuve concrète à nos recherches, nous sommes allés à Jihad et Alexis à l'hôtel LE ROYAL pour visionner le fonctionnement de leur machine d'osmose inverse qui purifie totalement l'eau d'un puits pour s'approvisionner en eau totalement pure.

I.2.3.4. Electrolyse :

L'électrolyse est un procédé électrochimique qui permet d'extraire les ions d'une solution en les déplaçant. Par exemple, par électrolyse, on peut extraire les ions Na^+ et Cl^- de l'eau de mer.

Un électrolyseur est constitué d'un grand nombre de compartiments alimentés électriquement et hydrauliquement en série qui sont séparés par des membranes résistantes mécaniquement, imperméables à l'eau, chimiquement inattaquables, constituées de résines échangeuses d'ions.

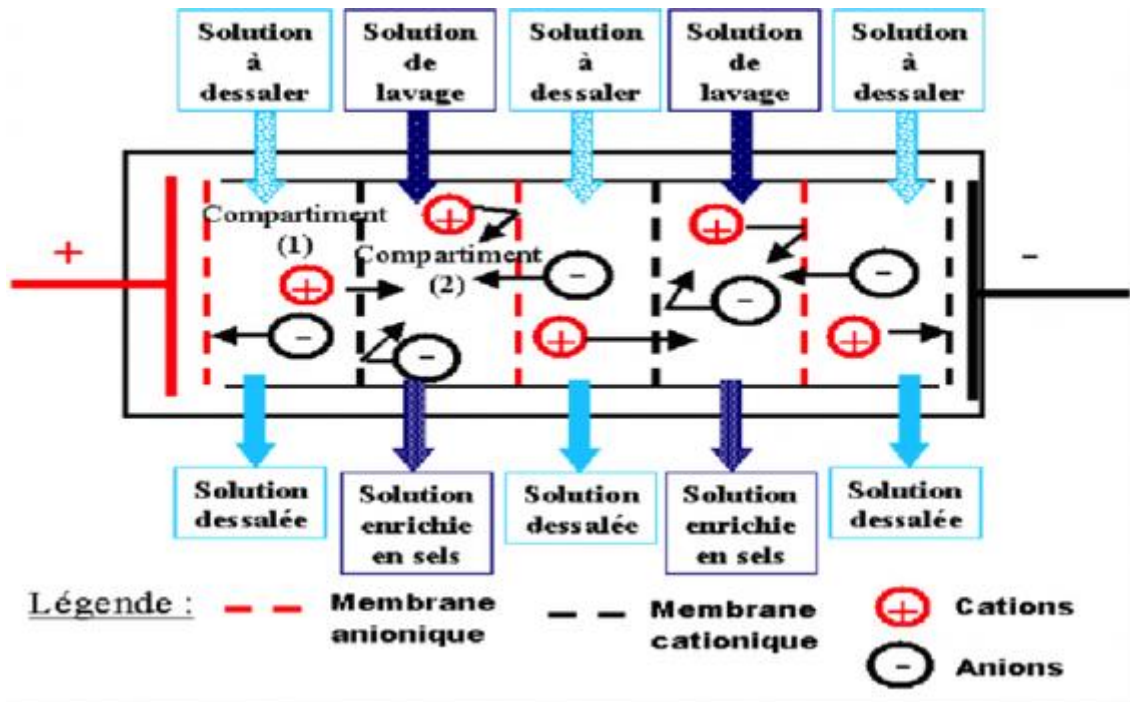


Figure I.12: Electrodialyse

D'une part, les membranes anioniques contiennent des résines à groupes cationiques fixes. Ces groupes sont neutralisés par des anions situés dans la résine. Quand cette membrane est mise dans une solution d'électrolyte, les anions en solution peuvent pénétrer dans la membrane et remplacer les anions présents initialement, alors que les cations sont repoussés par les cations fixés sur la résine. D'autre part, les membranes cationiques : le principe est identique; elles contiennent des groupes anioniques fixes qui permettent la pénétration des cations et repoussent les anions.

L'extraction des ions se fait par migration de ces derniers à travers les membranes dites « sélectives » sous l'action d'un champ électrique. Ainsi, seuls les anions, chargés négativement, peuvent traverser les membranes anioniques et seuls les cations, chargés positivement, peuvent traverser les membranes cationiques. En plaçant alternativement une membrane cationique et une membrane anionique, puis en créant une charge positive à une extrémité de l'électrodialyseur et une charge négative de l'autre, on va attirer les cations vers la charge négative et les anions vers la charge positive, piégeant ainsi dans certains compartiments les ions qui sont alors retirés de la solution dans les autres compartiments.

Ainsi, le compartiment où il y a l'eau douce à la fin est appelé « compartiment de dilution » et le compartiment où l'on récupère la saumure, solution aqueuse très concentrée en sel, est appelé « compartiment de concentration ».

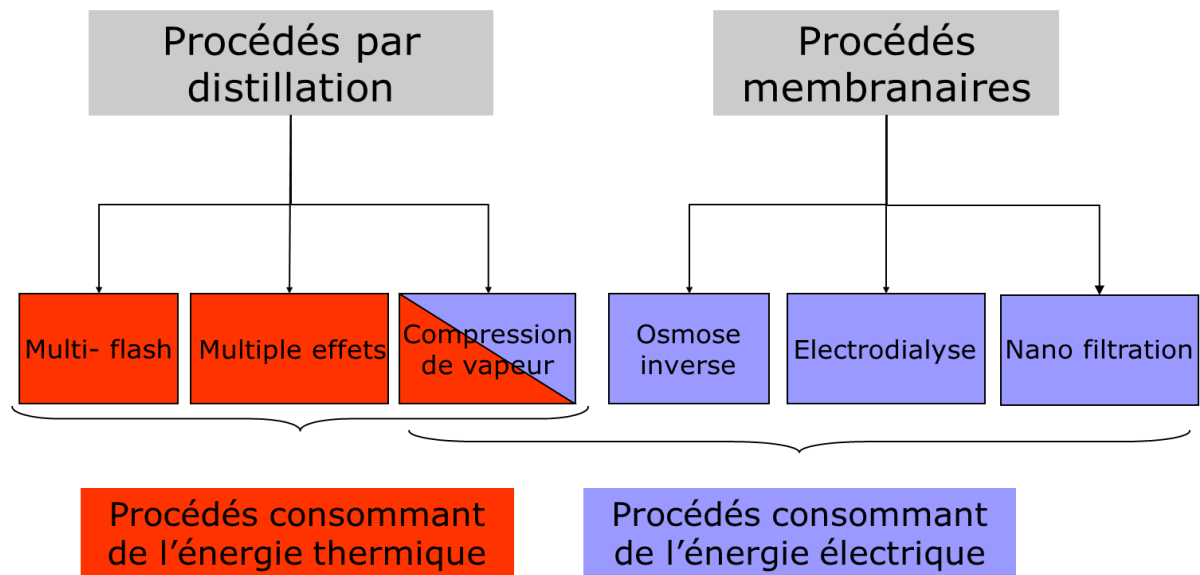


Figure I.13: Principaux procédés industriels de dessalement d'eau de mer : [4]

I.2.4. Un post-traitement ou une potabilisation:

Après les différentes techniques de dessalement, on obtient une eau pure distillée dépourvue des corps moléculaires et ions indispensables au bon fonctionnement du corps humain. Par la suite, l'eau connaît une ré-minéralisation pour obtenir une eau potable aux concentrations admissibles [5].

I.3. Conclusion :

L'étude des centrales électriques permet de mieux comprendre les étapes et les transformations nécessaires pour la production de l'électricité ainsi que l'importance des auxiliaires intervenant dans le cycle de production.

II.1.1 Introduction :

La production d'électricité est essentiellement un secteur industriel, destiné à mettre à disposition de l'ensemble des consommateurs la possibilité d'un approvisionnement adapté à leurs besoins en énergie électrique.

L'Algérie, pays en voie de développement, connaît une période de modernisation et de croissance économique pendant la quelle elle entreprend de couvrir une grande partie de ses besoins énergétiques en élargissant, d'Anne en année, son potentiel de production de l'énergie électrique.

La centrale thermique classique fonctionne grâce à la combustion de gaz naturel, de charbon (charbon pulvérisé) ou du fuel dans une chaudière à vapeur. la centrale thermique de RAS-DJINET est venue renforcer le parc de production de l'électricité avec une puissance de 704 MW. Elle se compose de quatre groupes monobloc du type thermique vapeur.

Dans ce chapitre nous allons décrire la centrales, le fonctionnement cycle eau-vapeur et ses caractéristiques ainsi que le dessalement et ses techniques.

II.1.2.1. Implantation de la centrale :

La centrale est située au bord de la mer à l'est d'Alger près de la ville de RAS-DJINET (1KM avant) dans la Wilaya de Boumerdès (30KM à l'est de Wilaya). (Figure II.1)

Le choix du site s'est fait sur la base des critères suivants : [6]

- ✓ Proximité de la mer.
- ✓ Proximité des consommateurs importants situés notamment dans la zone industrielle Rouïba -Réghaia.
- ✓ Possibilité d'extension.
- ✓ Condition de sous-sol favorable ne nécessitant pas de fondation profonde.

La centrale de RAS-DJINET s'étale sur une superficie de 35 hectare.

II.1.2.2. Historique :

En 1986, la centrale thermique de RAS-DJINET est venue couvrir le manque de production de l'électricité avec une puissance de 176MW dans chaque groupe. [6]

Les différentes étapes de réalisation sont comme suit :

Les principaux contrats ayant été signés en 1980, les travaux de terrassement ont démarré en 1981, et les travaux de montage ont commencé en Mars 1984. [6]

- La première fourniture d'énergie électrique au réseau s'est effectuée le 17 juin 1986
- Le calendrier de réalisation des principales opérations se présente comme suit :
 - Travaux de génie civil : Juin 1981 - Mars 1985.

Chapitre II : Procédé de dessalement à la Centrale de RAS-DJINET

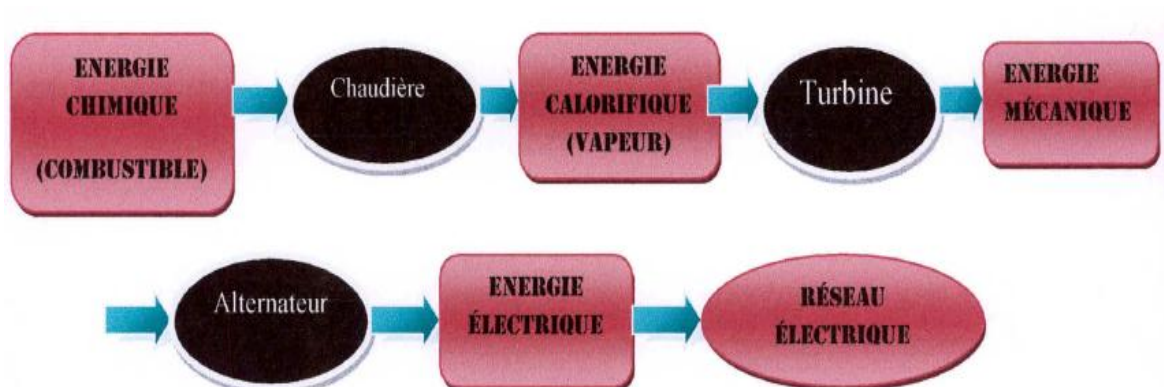
- Montage mécanique : Mars 1984 - Septembre 1986.
 - Montage électrique : Mars 1984 - Septembre 1986.
- La mise en service des groupes de production d'électricité s'est déroulée comme suit :
- Groupe 1 Décembre 1985.
 - Groupe 2 Avril 1986.
 - Groupe 3 Septembre 1986.
 - Groupe 4 Décembre 1986.



FigureII. 1: La centrale thermique de RAS-DJINET.

II.1.3. Principe de fonctionnement :

Avant de décrire le fonctionnement de la centrale, il sera bon de rappeler les différentes transformations énergétiques qui ont servi à la production de l'énergie électrique. (Figure II.2)
[6]



FigureII. 2: illustration des différentes formes de transformation d'énergie.

- Chaudière : transforme l'énergie chimique du combustible en énergie calorifique donc la vapeur

- Turbine : transforme l'énergie calorifique en énergie cinétique et mécanique de rotation turbine
- Alternateur : transforme l'énergie mécanique en énergie électrique.

II.1.3.1. Fonctionnement du cycle eau-vapeur:

La vapeur ayant traversé la turbine (corps haute pression, moyenne pression et basse pression) se retrouve en fin de parcours dans le condenseur situé en dessous du corps BP, cette vapeur va se répandre sur les 15.000 tubes en titane disposés transversalement dans le condenseur à l'intérieur duquel circule l'eau de mer qui va servir de source froide pour la condensation de la vapeur. Cela produira le condensat principal qui va être récupéré dans le puits du condenseur d'où aspirent les 2 pompes d'extraction (une en service et une en standby). La pompe en service va refouler ce condensat dans le circuit basse pression (circuit d'eau d'extraction) et acheminera l'eau jusqu'à la bache alimentaire où elle subira un dégazage physique. L'appoint condenseur sera réglé par la soupape régulatrice niveau condenseur. Lors de son passage dans le circuit d'eau d'extraction, l'eau va être graduellement réchauffée en passant à travers les réfrigérants alternateurs, le condenseur des buées, les éjecteurs de vapeur ainsi que le poste de réchauffage basse pression composé des réchauffeurs BP1, BP2, BP3. Cette eau aura alors une température d'environ 110°C.

L'eau sera ensuite admise à la bache alimentaire à travers le dégazeur pour y subir un dégazage (élimination de l'O₂) et un autre réchauffage par mélange. L'eau dégazée et réchauffée à environ 140°C dans la bache alimentaire va être reprise par les pompes alimentaires au nombre de trois (deux en service et une en réserve) pour alimenter la chaudière en passant par les réchauffeurs haute pression HP5 et HP6 qui élèveront sa température à 240°C avant son admission dans la chaudière.

L'eau d'alimentation passera à travers la soupape alimentaire (vanne de réglage niveau ballon chaudière) pour entrer dans la chaudière au niveau de l'économiseur qui va encore l'élever en température à environ 300°C avant son entrée dans le ballon chaudière. L'eau d'alimentation parvenue au ballon va occuper la partie inférieure et son niveau sera réglé à 50%. Cette eau va ensuite descendre par les colonnes d'alimentation pour rejoindre le collecteur inférieur qui alimentera les tubes vaporisateurs ou tubes écrans qui sont directement exposés aux flammes des huit brûleurs disposés sur une des quatre faces de foyer de la chaudière. La vapeur produite dans ces tubes (écrans/vaporisateurs) va s'élever vers le collecteur supérieur par différence de densité entre l'eau et la vapeur (la vapeur étant plus légère que l'eau). Cette chaudière est dite chaudière à circulation naturelle. La vapeur saturée sortira du collecteur supérieur des tubes écrans vaporisateur pour être acheminée vers la partie supérieure du ballon chaudière. Le ballon

Chapitre II : Procédé de dessalement à la Centrale de RAS-DJINET

chaudière servira donc de réserve d'eau et de vapeur saturée pour l'alimentation des turbines en vapeur surchauffée HP. La pression de la vapeur réglée dans le ballon sera de 160 bars. Cette vapeur humide (contenant des gouttelettes d'eau) devra être séchée avant son admission dans la turbine corps HP turbine. Elle sortira donc du ballon et passera à travers les surchauffeurs N° 1, 2 et 3 pour être séchée et deviendra alors vapeur vive ou vapeur sèche. Cette vapeur sortira de la chaudière avec une pression de 160 bars et une température de 540°C. Elle se dirigera alors vers la turbine corps HP ou elle subira une détente pour en ressortir sous forme de vapeur moyenne pression à une température avoisinant celle de vapeur saturée. Pour cette raison elle sera réintroduite dans la chaudière pour passer à travers les resurchauffeurs N° 1 et 2 où elle sera resurchauffée.

La vapeur resurchauffée, ressortira de la chaudière avec une pression moyenne variante entre 20 et 30 bars, selon la charge du groupe (puissance active bornes alternateur en MW) à une température de 540°C, et alimentera le corps MP de la turbine où elle subira une autre détente pour en ressortir avec une basse pression et température, et se dirigera directement vers le corps BP de la turbine où elle subira sa dernière détente, avant de se retrouver dans le condenseur du groupe. (Figure II.3)

Il faut signaler qu'il existe des pertes (fuites d'eau et de vapeur) ce qui va se traduire par une baisse de niveau du condenseur qui doit être réglée à un niveau stable de 900mm. Ces pertes seront compensées par des appoints d'eau déminée qui se feront automatiquement à partir de la bêche tampon se trouvant à proximité du condenseur. Cette bêche sera elle-même alimentée par la station de déminéralisation.

La production d'électricité n'est qu'une résultante de différentes transformations successives de l'énergie chimique contenue dans le gaz naturel provenant des puits de Hassi-Rmel.

L'énergie chimique contenue dans le gaz naturel sera transformée en énergie thermique après la combustion du mélange air/gaz dans les 8 brûleurs de la chaudière. La chaleur engendrée par cette combustion va être cédée à l'eau qui circule dans les tubes vaporisateurs ou tubes écrans. Cette chaleur (énergie calorifique) sera véhiculée par l'eau et la vapeur jusqu'à la turbine où elle se transformera en énergie mécanique (mouvement de rotation de l'arbre tournant à 3000 trs / min) équivalant à une fréquence de 50 Hz.

Le rotor de l'alternateur va donc être entraîné par la rotation de l'arbre turbine cela produira alors une énergie électrique à la sortie des trois phases alternateur. La puissance active développée aux bornes de l'altérateur (BA) ou charge active de base sera de 176 MW. La tension de sortie alternateur est de 15,5 KV et un ampérage variant jusqu'à 9000A par phase à une fréquence de 50 Hz. L'énergie électrique fournie par l'alternateur va être évacuée à travers le

Chapitre II : Procédé de dessalement à la Centrale de RAS-DJINET

disjoncteur alternatif (BBC) ou disjoncteur groupe pour ensuite aller vers le transformateur principal qui élèvera la tension de 15,5 KV à 220 KV. Après le transformateur principal TP, l'énergie fournie transitera à travers le disjoncteur ligné (poste blindé SF6) pour alimenter le réseau 220 KV au niveau des postes Alger Est et Si Mustapha.

À noter que juste avant le transformateur principal, il y a un soutirage d'une partie de l'énergie électrique produite qui va alimenter le transformateur de soutirage TS pour transformer la tension de sortie alternateur 15,5 KV en 6 KV et alimenter ainsi les auxiliaires électriques du groupe. [15]

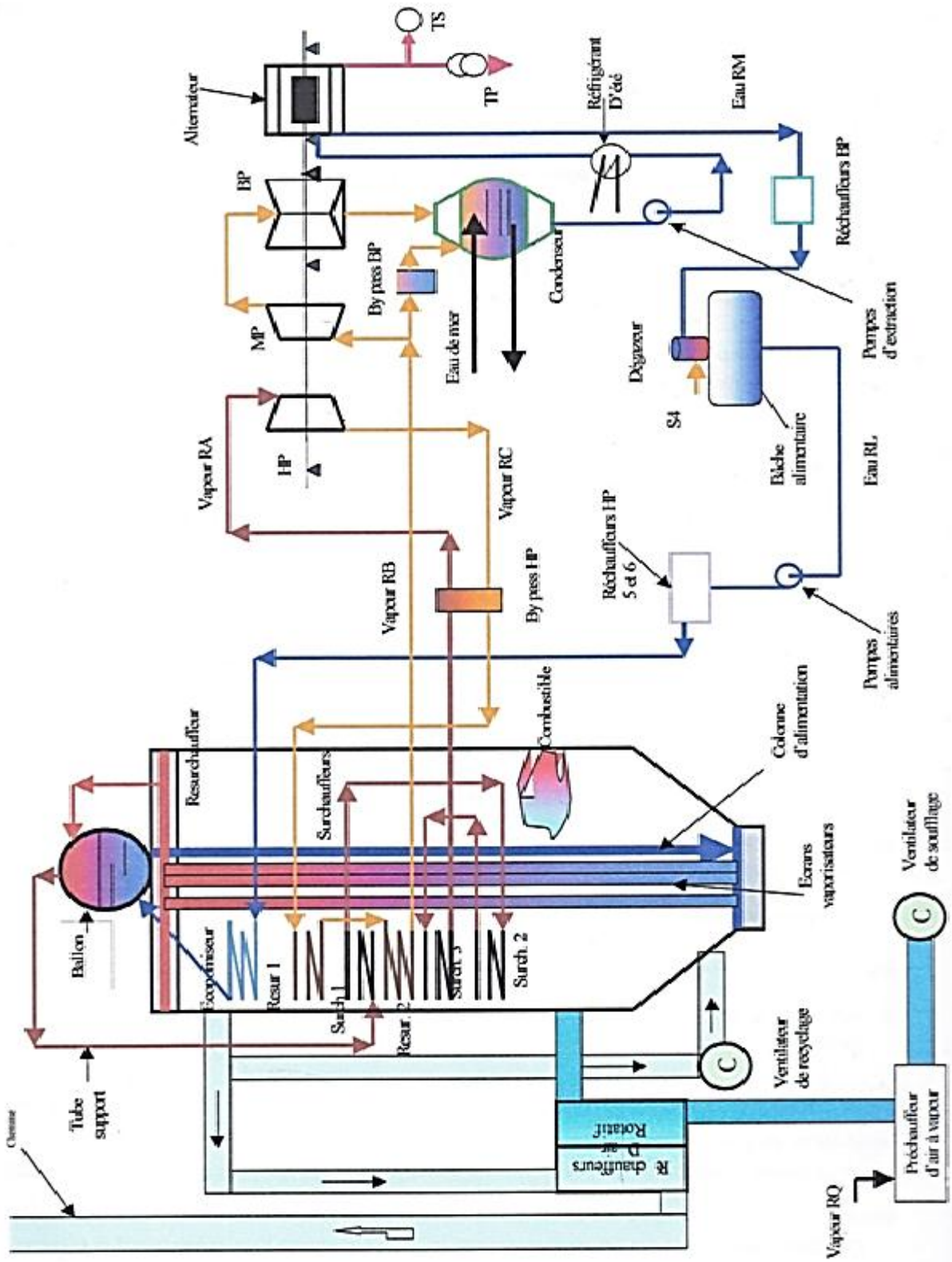


Figure II. 3: Cycle eau vapeur d'une tranche thermique

II.1.3.2. Différents constituants de la centrale :

La centrale thermique est constituée de différents appareils qui sont le siège de maintes applications des lois de la thermodynamique qui servent à transformer l'énergie chimique contenue dans le combustible en énergie calorifique dans la chaudière et l'énergie calorifique se transforme ensuite en énergie mécanique, cette dernière se transforme en énergie électrique au niveau de l'alternateur, tout ça se déroule au niveau d'un groupe (ou tranche thermique).[11]

Un groupe est constitué principalement de :

II.1.3.2.1. Chaudière (générateur de vapeur) :

Le rôle du générateur de vapeur est de faire passer l'eau d'alimentation de l'état liquide à l'état de vapeur surchauffée à haute pression en vue d'alimenter la turbine. C'est l'un des éléments essentiels du circuit thermique, il permet d'obtenir de la vapeur, et se compose :

- Chambre de combustion formée par les tubes écrans (faisceaux vaporisateurs).
- Ballon (réservoir) et un économiseur.
- Trois surchauffeurs et deux resurchauffeurs.
- Trois désurchauffeurs par injection d'eau pour la régulation de température de vapeur (deux pour HP (corps haute pression), et un corps MP (corps moyenne pression)).
- Quatre colonnes de descentes (faisceaux vaporisateurs).
- Huit brûleurs de combustion mixtes gaz /fuel.
- Deux ventilateurs de recyclage, qui ont pour rôle de recycler en fonction de la charge, une partie des fumées issues de la combustion afin de régler la température à la sortie du resurchauffeur.
- Deux ventilateurs de soufflage, qui ont pour rôle de fournir l'air de combustion.
- Deux préchauffeurs d'air à vapeur, qui servent à l'augmentation de la température de l'air de combustion avant le réchauffeur rotatif.
- Un réchauffeur rotatif d'air de combustion, sert à réchauffer l'air de combustion par récupération de chaleur des fumées.

Ses caractéristiques principales sont :

- Capacité de vaporisation..... 530 t/h
- Pression à la sortie de surchauffeurs..... 147 bar
- Température de vapeur surchauffée 540 °C
- Température de vapeur resurchauffée..... 535 °C
- Pression sortie vapeur resurchauffée..... 35 bar
- Température de l'eau d'alimentation..... 246 °C

- Température de sortie de fumée..... 118 °C
- Température dans le foyer..... 900°C

Le premier élément traversé par l'eau d'alimentation afin d'augmenter sa température est l'économiseur, ensuite l'eau traverse le ballon chaudière et à partir des tubes écrans l'eau va se vaporiser dans la chambre de combustion, on obtient un mélange eau-vapeur qui remonte au ballon dans lequel on aura la partie inférieure qui est constituée de l'eau et la partie supérieure qui est constituée de la vapeur. Cette dernière passe dans le surchauffeur pour augmenter encore la température.

II.1.3.2.2. La turbine :

C'est une machine à une ligne d'arbres, composée de corps HP (haute pression), MP (moyenne pression), et BP (basse pression), sert à convertir d'une énergie d'un courant de vapeur en énergie mécanique, plus généralement, c'est un organe permettant la détente de vapeur en recueillant son énergie sous forme mécanique (Figure II.4). [6]

Ses caractéristiques sont :

- Longueur..... 16.25 m
- Largeur..... 13 m
- Poids..... 50010 kg
- Vitesse..... 3000 tr/min
- Puissance..... 200MW
- Pression..... 138 bars
- Température de vapeur... 540 °C(voir annexe1)

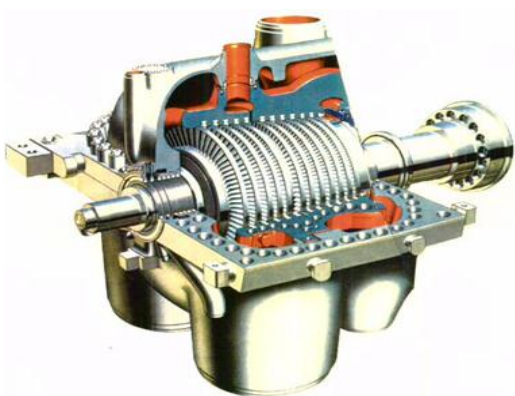


Figure II. 4 : corps HP.

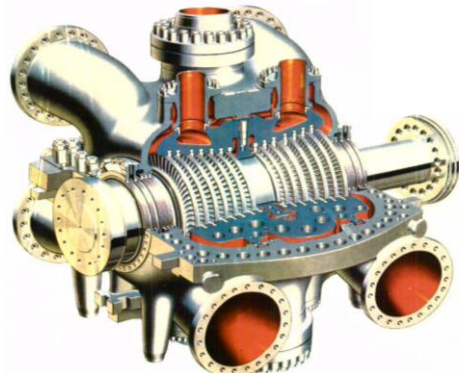


Figure II.5 : corps MP.

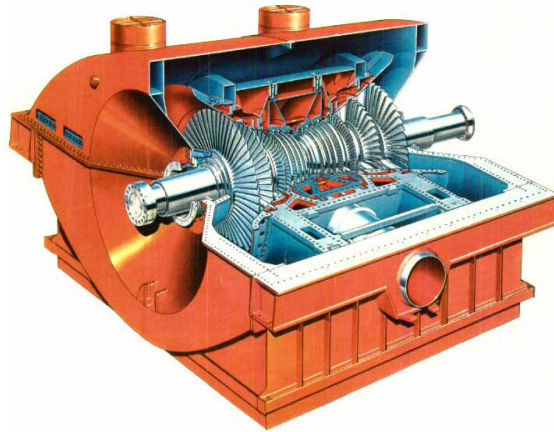


Figure II. 6 : corps BP.

II.1.3.2.3. Le condenseur :

Le condenseur est placé sous le corps BP de la turbine, c'est un échangeur de chaleur du types fluides séparés et à faisceaux tubulaires. Il a pour principale fonction [11] :

- d'assurer la condensation de la vapeur d'eau évacuée de corps BP de la turbine par la circulation de l'eau de mer de refroidissement dans les 14850 tubes en titane contenu dans le condenseur.

- D'augmenter la chute d'enthalpie de la vapeur détendue en établissant une dépression atmosphérique afin d'obtenir un rendement de la turbine aussi élevé que possible.

- De dégazer le condensat et d'évacuer les incondensables (en majorité de l'air)

- Reçoit également le condensat des réchauffeurs BP

- Muni de différentes purges de la vapeur de contournement (by-pass BP)

Ses caractéristiques sont [11] :

- Débit d'eau vapeur..... 98.25 kg/s
- Débit d'eau de refroidissement..... 6500 kg/s
- Pression de condenseur..... 0.05 bar
- Capacité de puits entrée/sortie : eau de mer 6-8 °C

II.1.3.2.4. Les pompes :

- Deux pompes d'extraction assurent le transfert de l'eau du puits du condenseur jusqu'à la bache alimentaire en passant par les trois réchauffeurs BP (débit nominal d'une pompe 414 m³/h). [2]

- Trois pompes d'alimentation : servent à alimenter la chaudière à partir de la bache alimentaire (débit d'une pompe 261.6 m³/h). [11]

II.1.3.2.5. La bêche alimentaire :

Elle constitue la réserve d'eau en charge au cours de l'aspiration des pompes, son rôle est d'assurer le dégazage du condensat. [11]

Ses caractéristiques sont :

- Pression..... 5 bars
- Température..... 150 °C
- Longueur..... 16.5 m
- Diamètre de l'enveloppe..... 3.6 m
- Volume total 163 m³

II.1.3.2.6. Les réchauffeurs :

- Les trois réchauffeurs basse pression BP:

Ce sont des échangeurs de chaleur par surface. Leur rôle est d'augmenter la température progressivement des condensats lors de son transfert dans la bêche alimentaire, ils sont alimentés par les soutirages S1, S2, S3 du corps basse pression de la turbine. [11]

- Les deux réchauffeurs haute pression HP:

Ce sont des échangeurs de chaleur, leur rôle est d'augmenter la température de l'eau lors de son transfert vers la chaudière, ils sont alimentés par les soutirages S5, S6 du corps haute pression de la turbine. [11]

II.1.3.2.7. Alternateur :

L'énergie disponible à l'arbre de la turbine, est communiquée à l'alternateur qui réalise la transformation sous forme d'énergie électrique. C'est une machine triphasée qui fonctionne selon la loi de l'induction électromagnétique. [11]

Il est refroidi par l'hydrogène circulant en circuit fermé qui présente des avantages par rapport à l'air. Parmi ces avantages la faible densité et une grande conductibilité thermique ce qui permet de réduire les pertes de chaleur lors de la ventilation, ainsi que la chaleur dégagée par l'alternateur et récupérée par l'eau d'extraction.

Le groupe d'excitation de l'alternateur à redresseurs tournants comprend les principaux éléments suivants: excitatrice pilote triphasée, excitatrice principale triphasée et les roues à diodes.

L'excitatrice pilote triphasée est un alternateur à pole internes à aimants permanents tournants, le courant triphasé produit dans le stator excite les champs de l'excitatrice principale à pôles extérieurs par l'intermédiaire d'un ensemble régulateur redresseur fixe. le courant triphasé induit dans le stator de l'excitatrice principale est ensuite transformé en courant continu

dans un pont de diodes tournantes puis envoyé à l'inducteur de l'alternateur principal par l'intermédiaire de la connexion logée dans l'arbre du rotor.

Les caractéristiques de l'alternateur sont :

- La puissance maximale produite est de..... 176 MW
- La tension..... 15.5 KV
- La fréquence..... 50 HZ
- L'intensité de courant..... 8195 A

II.1.3.2.8. Transformateur :

Un examen approfondi des transformateurs de la centrale RAS-DJINET montre que leurs circuits magnétiques sont constitués des tôles minces en acier empilées et isolées entre elles. Les bobines sont constituées par du fil rond isolé et séparées par des isolants. Lors du fonctionnement normal d'un transformateur, des pertes par effet joule et par courant de Foucault sont toujours constatées, elles tendent à élever la température. Afin de maintenir cette dernière en dessous d'une valeur critique, un système de refroidissement est associé à chaque transformateur. [11]

- Tension d'entrée15.5 KV
- Tension de sortie.....256 KV

II.1.4. Les auxiliaires communs aux quatre tranches :

II.1.4.1. Système de traitement des eaux :

II.1.4.1.1. Station de dessalement de l'eau de mer :

A pour rôle la production de l'eau dessalée à partir de l'eau de mer pour alimenter la chaudière. La centrale a quatre unités de dessalement de 500 m³/J chacune, assurent la production d'eau pour les appoints au cycle thermique (conductibilité < 30 µ siemens / cm). [6]

II.1.4.1.2. Station de déminéralisation :

Elle parachève le traitement d'eau avant son utilisation dans le cycle eau-vapeur.

Deux chaînes de déminéralisation de 40 m³/h chacune, parachèvent le traitement de l'eau de mer avant son utilisation dans le cycle (conductibilité < 0,1 µ siemens/cm). [6]

II.1.4.1.3. Station d'électro chloration :

La chloration de l'eau de mer permet de protéger le circuit d'eau contre tout encrassement.

La chloration de l'eau de mer permet de préserver les équipements traversés par l'eau de mer contre la prolifération d'organismes marins. Elle se fait par injection d'hypochlorite de sodium

Chapitre II : Procédé de dessalement à la Centrale de RAS-DJINET

qui est produite par une station d'électro chloration (par électrolyse de l'eau de mer d'une capacité de 150 Kg/h de chlore actif). [6]

II.1.4.1.4. Station de production d'hydrogène :

L'électrolyseur bipolaire sert à la production d'hydrogène et d'oxygène de grande pureté, l'hydrogène produit sert au refroidissement des quatre alternateurs de la centrale. Sous une pression de 3 bars, en circuit fermé l'hydrogène ayant lui-même refroidi par l'eau d'extraction. [6]

II.1.4.1.5. Post gaz :

Le combustible principal utilisé est le gaz naturel qui est acheminé de HASSI R'MEL à 60 bars et se détend au niveau des brûleurs à 6 bars. [6]

II.1.4.1.6. Station fuel :

La centrale de RAS-DJINET, utilise comme combustible de secours le fuel léger, car le fuel coûte plus cher est nécessite une installation complexe. Le fuel domestique stocké dans deux réservoirs de 10000 m³ chacun. [6]

II.1.4.1.7. Evacuation d'énergie :

L'énergie électrique produite est évacuée par l'intermédiaire de ligne de 225 KV, sur le poste Alger- est. [6]

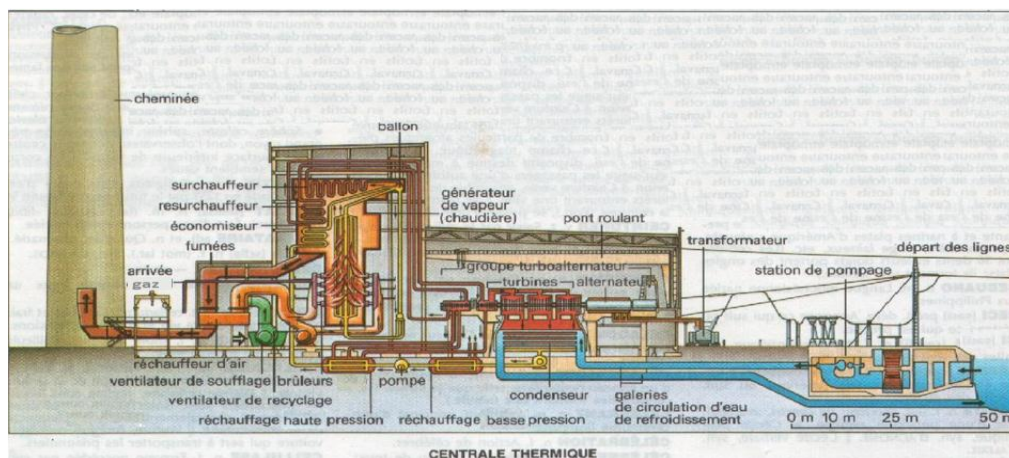


Figure II.7 : Centrale thermique

II.2. Le procédé de dessalement et ses organes de commande et d'instrumentation :

Les besoins journaliers en eau dessalée de la centrale thermique de RAS-DJINET sont de l'ordre de 1100 m³. L'installation comprend quatre unités fonctionnant selon le principe de la distillation par détentes successives à 18 étages. Chaque unité produite par jour 500 m³ d'eau dessalée qui est stocké dans deux réservoirs de 2700 m³ pour couvrir les besoins en eau d'appoint des chaudières et en eau potable de la centrale.

Chaque unité fonctionne indépendamment des autres. En marche normale trois unités sont en service, la quatrième sert en secours, mais exceptionnellement il est possible d'utiliser les quatre unités en même temps. (Figure II.8).

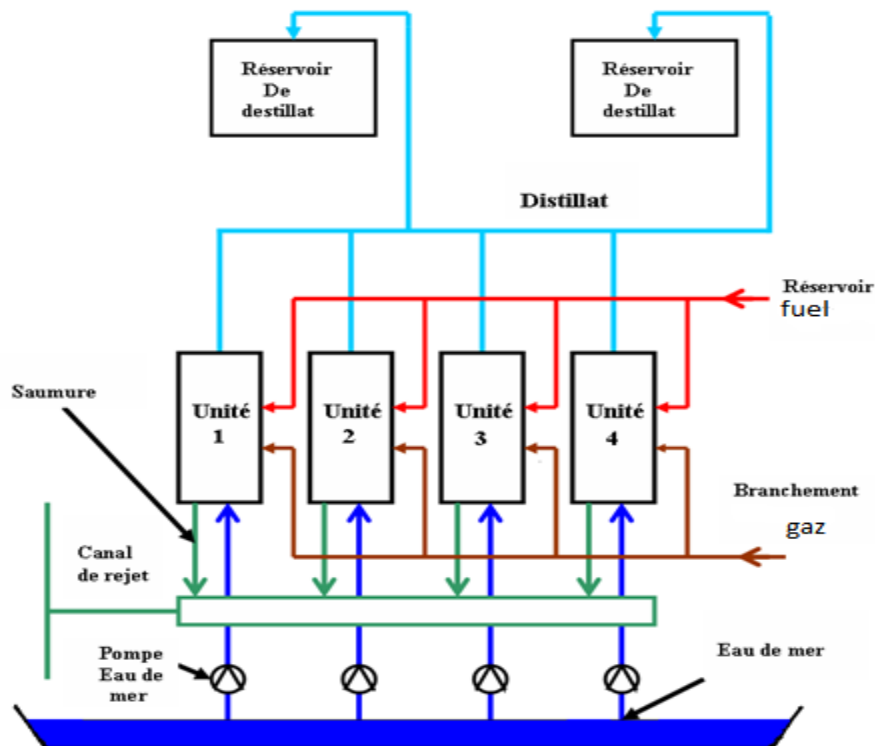


Figure II. 8 : Station de dessalement de la centrale de RAS-DJINET.

II.2.2. Principe du système Multi-flash :

La distillation multi-flash (MSF) est un procédé de distillation basé sur le principe de vaporisation instantanée (distillation flash). L'eau de mer prétraitée pénètre dans l'installation où elle est préchauffée en traversant les condenseurs des différents étages du procédé. Elle est ensuite introduite dans une chaudière ou réchauffeur où elle est chauffée jusqu'à une température d'environ 110°C.(Figure II.9) [13]

L'eau de mer chaude est alors introduite dans le bas du premier étage où règne une pression inférieure à sa pression de vapeur saturante. Il en résulte une vaporisation instantanée par détente (distillation flash).

La vapeur ainsi produite se condense sur les parois du condenseur et est recueillie. L'eau de mer restante pénètre dans la chambre suivante où règnent une température et une pression plus basses.

Il se produit ainsi une nouvelle distillation flash dans cette chambre. Le phénomène se répète jusqu'à la dernière chambre. Les écarts de pressions entre les chambres permettent l'écoulement de l'eau de mer et de l'eau douce produite jusqu'à la dernière chambre sans l'utilisation de pompes. [13]

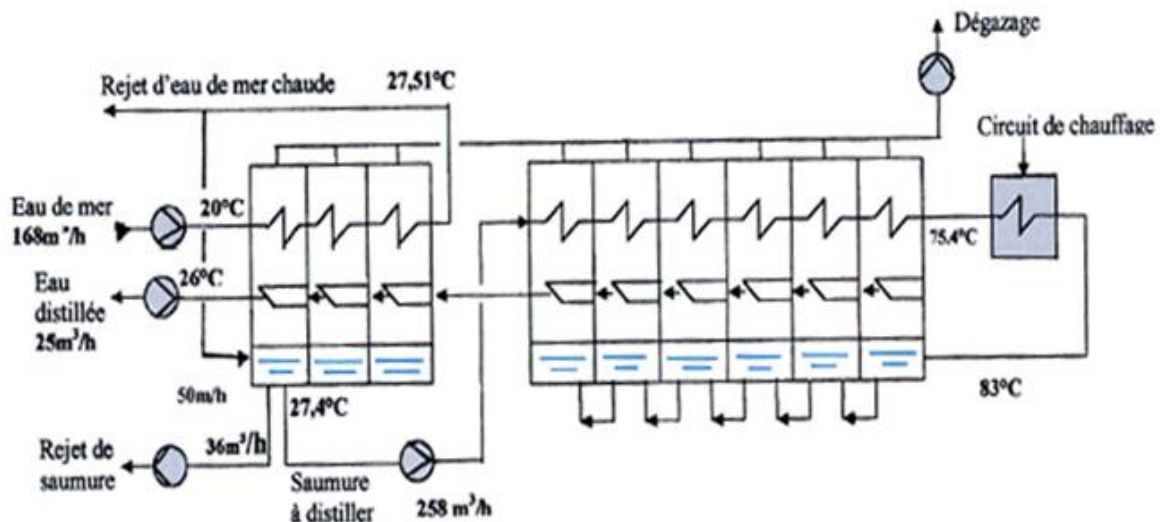


Figure II. 9 : Schéma simplifié du procédé de détente successive (MSF).

II.2 .3. Station de déminéralisation :

Le traitement de distillat est réalisé par l'installation de déminéralisation, de capacité de 40 m³/h. Pour une valeur de conductivité inférieure à 0,1 $\mu\text{s}/\text{cm}^3$.

Le distillat à traité est refoulé par des pompes vers les deux filtres à lits mélangés, où s'effectue la déminéralisation, le filtre comprend le mélange des échangeurs fortement cationiques acides et des échangeurs anioniques fortement basiques. L'eau a déminéralisée s'écoule de haut en bas à travers les résines, les cations de l'eau sont absorbés par les résines cationiques et les anions sont absorbés par les résines anioniques. L'eau déminéralisée est envoyée vers les deux réservoirs de stockage, 1500 m³ chacun, en injectant de l'ammoniac dans les conduites d'arrivée pour élever sa valeur de PH à plus de 9,5 afin d'éviter la corrosion au niveau des conduite. (Figure II.10)

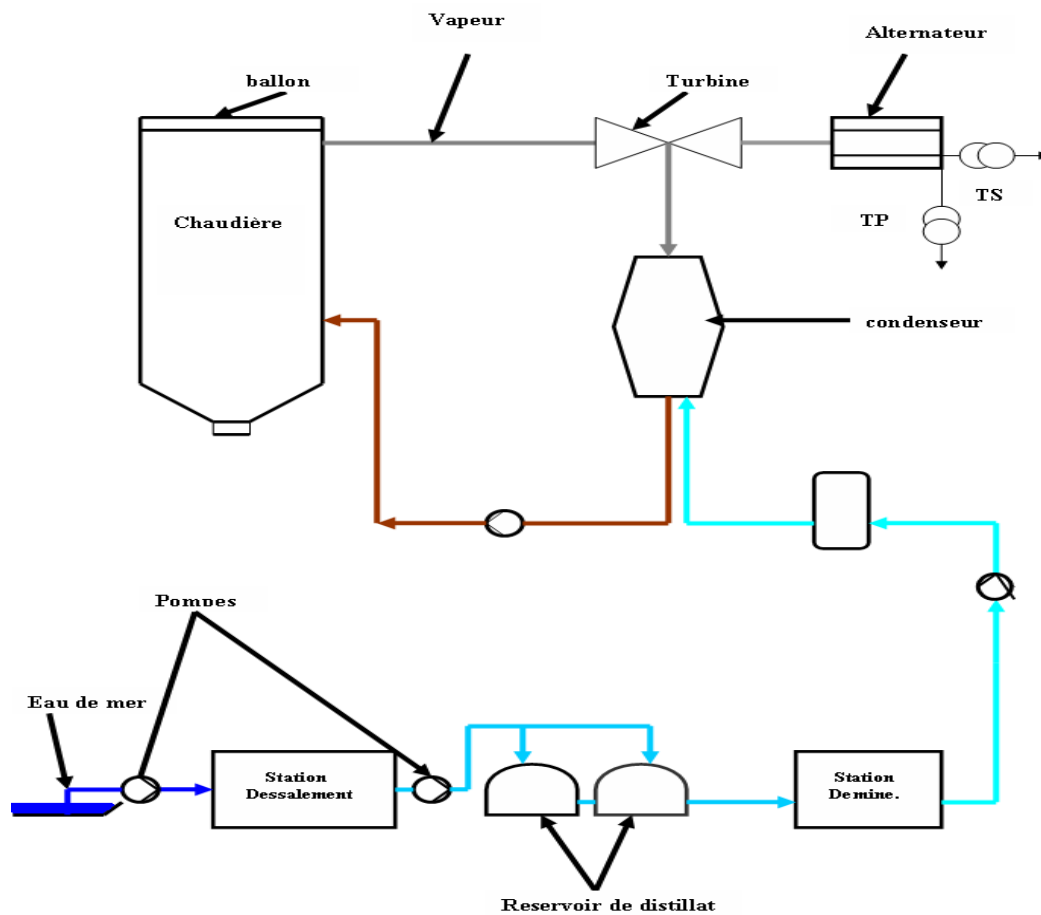


Figure II. 10 : circuit illustrant le rôle de l'unité de dessalement et la station de déminéralisation dans le cycle eau vapeur.



Figure II.11 Unités de dessalement / Centrale Ras-Djinet -

II.2.4. Station de dessalement:

II.2.4.1. les différents constituants de la station de dessalement:

C'est l'installation standardisée de dessalement, composée de quatre unités identiques ; fonctionnent avec le procédé de distillation d'évaporation de détente à étages multiples (M.S.F) avec recirculation de saumures et dosage BELGARD-EVN pour l'eau d'alimentation.[12]

Chaque unité se compose des éléments suivants :

II.2.4.1.1. Evaporateur :

C'est un évaporateur à multiples effets fonctionnant suivant le procédé de détente successive MSF, il est constitué de 18 chambres divisées en deux zones :

- zone de récupération de chaleur: composée des 15 premières chambres, c'est la zone de récupération de chaleur de la condensation des vapeurs.
- zone de dissipation de chaleur : composée des 3 dernières chambres ; car à la sortie de cette zone, une partie de l'eau chaude est rejetée, d'où le nom dissipation de chaleur.

L'évaporateur est équipé d'une série de condenseurs : ce sont des échangeurs multitubulaires placés, en série, dans la partie supérieure de l'unité, disposés transversalement par rapport à l'évaporateur et au sens de circulation de la saumure.ils servent à condenser la vapeur dégagée par l'évaporateur et récupérer la chaleur de condensation pour chauffer le débit d'alimentation, les tubes des condenseurs sont en titane et présentent une disposition en triangle.(Voir annexe : **Tableau II. 2** : Caractéristiques de l'évaporateur).

II.2.4.1.2. Chaudière :

C'est une chaudière d'eau à basse pression avec une combinaison du principe de flamme d'inversion et triple passage. L'eau est chauffée dans deux étages. La première surface de chauffe comprend des parois des chaufferies et la seconde, du côté de l'enveloppe des tubes de fumée. Cette conception garantit l'optimisation de la circulation d'eau, de transfert thermique et des températures de gaz de fumée à la cheminée. La chaudière est équipée d'un brûleur approprié pour gaz et mazout avec pompe de combustion et réglage de brûleur automatique, d'une conduite de raccordement ou réchauffeur final ainsi que l'installation de sûretés pour température, pression et niveau, une pompe de recirculation de l'eau chaude, bac de dilatation et écluse de produits chimiques.

Les combustibles, gaz et mazouts, sont amenés d'une source externe aux installations de dessalement, et mis à la disposition du brûleur en passant par un distributeur, des conduites. (Voir annexe : **Tableau II. 1** : Caractéristiques de la chaudière).

II.2.4.1.3. Un réchauffeur final :

C'est un échangeur de chaleur à faisceau de tubes droits avec deux passes. L'eau chauffée coule dans les tubes et l'eau de chauffage (chauffée par la chaudière), circule sur la cote enveloppée, à chaque étage de charge la vitesse de l'eau dans le tube est conforme aux conditions nécessaires pour les inhibiteurs d'incrustation modernes et atteint des nombres de Reynolds optimaux (70.000 - 100.000).

Chapitre II : Procédé de dessalement à la Centrale de RAS-DJINET

Les surfaces d'échange de chaleur ont été dimensionnées sous considérations spécifiques des encaissements pour obtenir des fréquences de nettoyage entre six et douze fois par mois en cas des conditions de service normales. Les tubes sont mandrinés dans les plaques tabulaires, Les caisses à eau peuvent être enlevées pour assurer l'accès facile aux tubes pour leur entretien (Voir annexe : **Tableau II. 2** : Caractéristiques du réchauffeur final).

II.2.4.1.4. Les pompes

On distingue deux types de pompes, les pompes destinées pour la circulation des fluides que ce soit l'eau d'alimentation, les saumures ou le distillat, et des éjecteurs pour l'éjection de l'eau et des gaz non condensables. Et les pompes doseuses des produits chimiques (**figure II. 12**).

Les pompes destinées pour la circulation des fluides sont :

- la pompe d'alimentation
- la pompe de recyclage de saumure.
- La pompe de refoulement des saumures vers le canal de rejet
- La pompe de refoulement de distillat vers les réservoirs de stockage,
- La pompe de recirculation de l'eau chaude (de chaudière).. (**Voir annexe : Tableau II. 3** : Caractéristiques des pompes de circulation.

En outre, l'installation dispose des auxiliaires et pompes doseuses suivantes :

- **Pompes doseuses** pour « BELGARD » : pompes horizontales à membranes hydrauliques.
- Pompes doseuses pour bisulfite de sodium.(Voir annexe :Tableau II. 4 : Caractéristiques des pompes doseuses.

- Agitateur

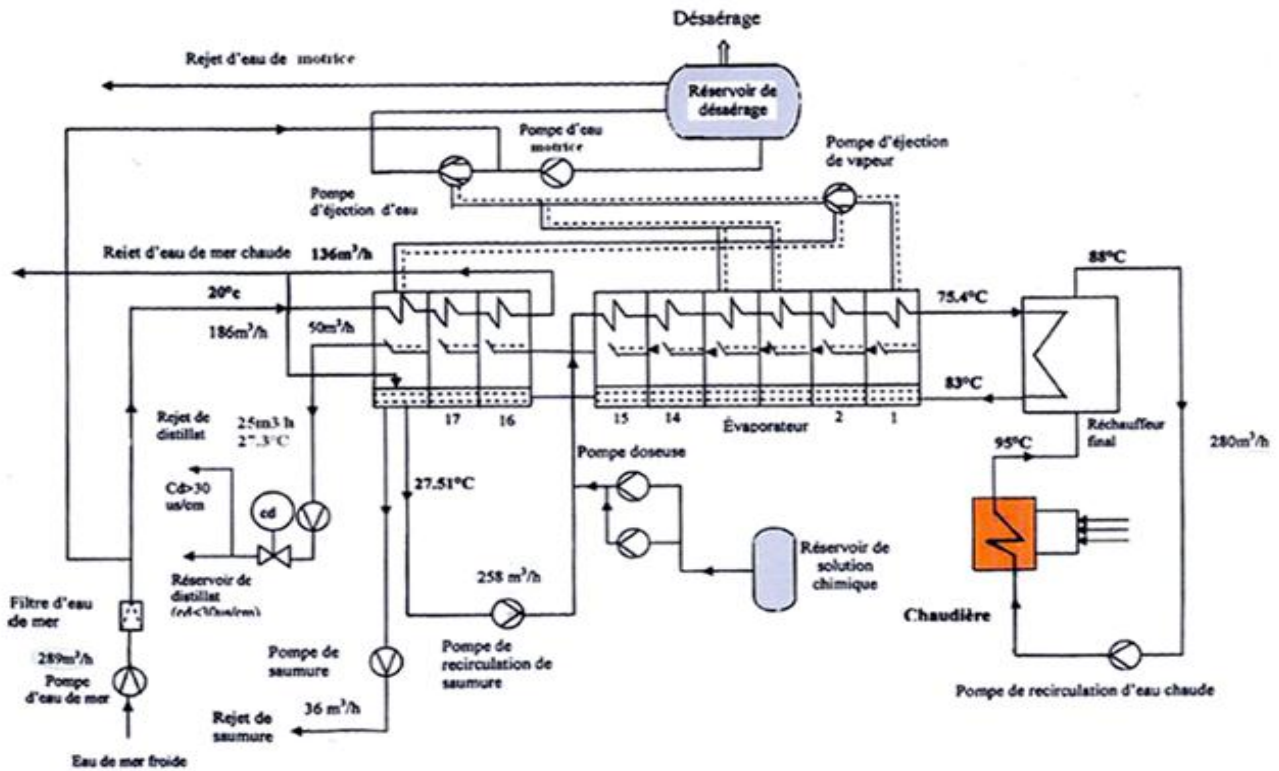


Figure II. 12 : Installation de distillation de la centrale thermique.

II.2.4.2. Description du procédé de dessalement d'eau de mer :

La pompe d'eau de mer WE 11 D001 fait passer l'eau de mer par les clapets WE 11 S001- WE 11 S002, le filtre d'eau de mer et le clapet de retenue WE 12 S004 à travers les condenseurs des étages de dissipation de la chaleur. Une partie de l'eau de mer est détournée avant le clapet WE 12 S004 et est destinée à refroidir le système de recirculation de l'aspiration d'air (Figure II.13). [12]

L'eau réchauffée en provenance des étages de dissipation de chaleur est reconduite à la mer. Une partie de l'eau de mer chaude est introduite dans le cycle, à la conduite WE 19 ayant un clapet réguler WE 19 S001, et sert d'eau d'alimentation. Elle remplace saumure et eau produite et règle la concentration de saumure recyclée.

À l'eau d'alimentation on ajoute une solution d'inhibiteur d'incrustation prélevée du réservoir à produits chimiques WP11B001. L'addition continue de produits chimiques (BELGARD EVN) réduit l'entartrage des tubes. Les appareillages principaux du système de dosage des produits chimiques sont la soupape de retenue de pression WP 14 S002, le réservoir avec agitateur WP 11 B001, les pompes doseuses WP 12 D001, WP 13 D001 et les soupapes de retenue WP 12

Chapitre II : Procédé de dessalement à la Centrale de RAS-DJINET

S002 et WP 13 S002. La capacité du réservoir est suffisante pour un jour de travail. Le réservoir est muni d'un indicateur de niveau. La solution des produits chimiques est pompée à haute pression dans la conduite d'alimentation WR 12. [12]

L'eau de mer, sujette à une augmentation saisonnière de sa teneur en produits organiques peut avoir tendance à mousser. Le produit chimique anti-mousse (BELITE M 33) peut être dissous et dosé avec l'inhibiteur d'incrustation.

Après avoir été dégazée, l'eau d'alimentation s'écoule par la tuyauterie côte aspiration de la pompe de recirculation WR 11 D001 et se mélange avec la saumure recyclée, qui quitte le dernier étage (18) de l'évaporateur. Cette saumure de recirculation est pompée par les faisceaux de condenseur des étages de récupération de la chaleur d'évaporateur (1 à 15) et est réchauffée par la chaleur d'évaporation de la vapeur condensée de chaque étage.

La saumure part du dernier condenseur d'évaporateur et se dirige vers le réchauffeur final WH11 B001 qui la porte à la température maximale prévue. La saumure de recirculation brûlante est amenée au 1er étage de l'évaporateur au travers de la soupape de réglage WR 15 S001. La perte de pression, réglable au moyen de la soupape de réglage, empêche une détente prématurée de la saumure dans les tubes du réchauffeur final.

La pression de la 1ère chambre de détente est légèrement inférieure à la pression de saturation (0.446 bar), qui correspond à la température d'entrée de la saumure, faisant ainsi évaporer une partie de celle-ci. La buée ascendante passe par un séparateur d'humidité et se condense finalement sur les parois des tubes de condenseur dans la partie supérieure de l'étage de l'évaporateur.

La saumure s'écoule sur le sol de l'étage par des passages spéciaux et se dirige vers la chambre suivante où elle est de nouveau inférieure à la pression de saturation qui elle-même correspond à la température de la saumure. Une nouvelle partie de la saumure s'évapore ainsi. Ce processus se renouvelle à chaque étage. L'évaporation entraîne une baisse progressive de la température de saumure, alors que la concentration des matières dissoutes de la saumure de recirculation augmente.

Dans la partie supérieure de chaque étage, la condensation qui se forme sur les parois des tubes libère la chaleur latente contenue dans les buées, entraînant ainsi un réchauffement progressif de l'eau de mer/saumure, qui traverse le faisceau de tubes du condenseur.

Le distillat tombe goutte à goutte des parois de tubes dans les cuves de distillât. Ensuite celui-ci traverse les ouvertures de passage pour arriver d'étage en étage par la conduite WJ 11 à la pompe de distillât WJ 11 D001 qui l'évacue vers le dernier étage. Le distillat est pompé par les conduites WJ 12 et WJ 13 jusqu'aux réservoirs de distillat.

Chapitre II : Procédé de dessalement à la Centrale de RAS-DJINET

La quantité de distillat est réglée par la soupape de réglage WJ 12 S004, en fonction du niveau de distillat à l'étage 18. Une partie de la saumure concentrée ressort du dernier étage par la conduite WF 11, pompée par la pompe de saumure WF 11 D001, dans le canal de rejet. Ce flux est réglé par la soupape de réglage WF 12 S003 en fonction du niveau de saumure à l'étage 18. La plus grande partie de la saumure s'écoule vers la pompe de recirculation WR 11 D001.

Les gaz non condensables sont évacués par la pompe d'éjection de vapeur WB 14 D001 et celle d'éjection d'eau WS 12 D001. Ces gaz se trouvent toujours dans les vapeurs et se composent de l'air infiltré et surtout des gaz dissous dans l'eau de mer, libérés pendant le processus d'évaporation.

Le flux de vapeur de la conduite WB 14, destiné à la pompe d'éjection de vapeur, provient du 1er étage de l'évaporateur. Cette pompe fait le vide dans les étages 16 à 18, la pression qui règne dans l'étage 18 et de 0.034 bar . Dans les autres étages c'est la pompe d'éjection d'eau qui fait le vide.

Le flux d'eau destiné à la pompe d'éjection d'eau est livré par la pompe d'eau motrice vers les conduites WE 16/17/18 et au réservoir de désaéragé.

L'énergie nécessaire au fonctionnement au poste est fournie par la chaudière d'eau chaude WL 12 D001 munie d'un brûleur marchant au gaz ou au mazout WL 11 D001. La pompe WH 11 D001 met en recirculation l'eau de la chaudière, en cycle fermé, vers les conduites WH 11/WH12/WH13 et vers le réchauffeur final. Les dispositifs de sécurité sont la soupape de sûreté WH 14 S001 et le bac de dilatation WH 15 B001.

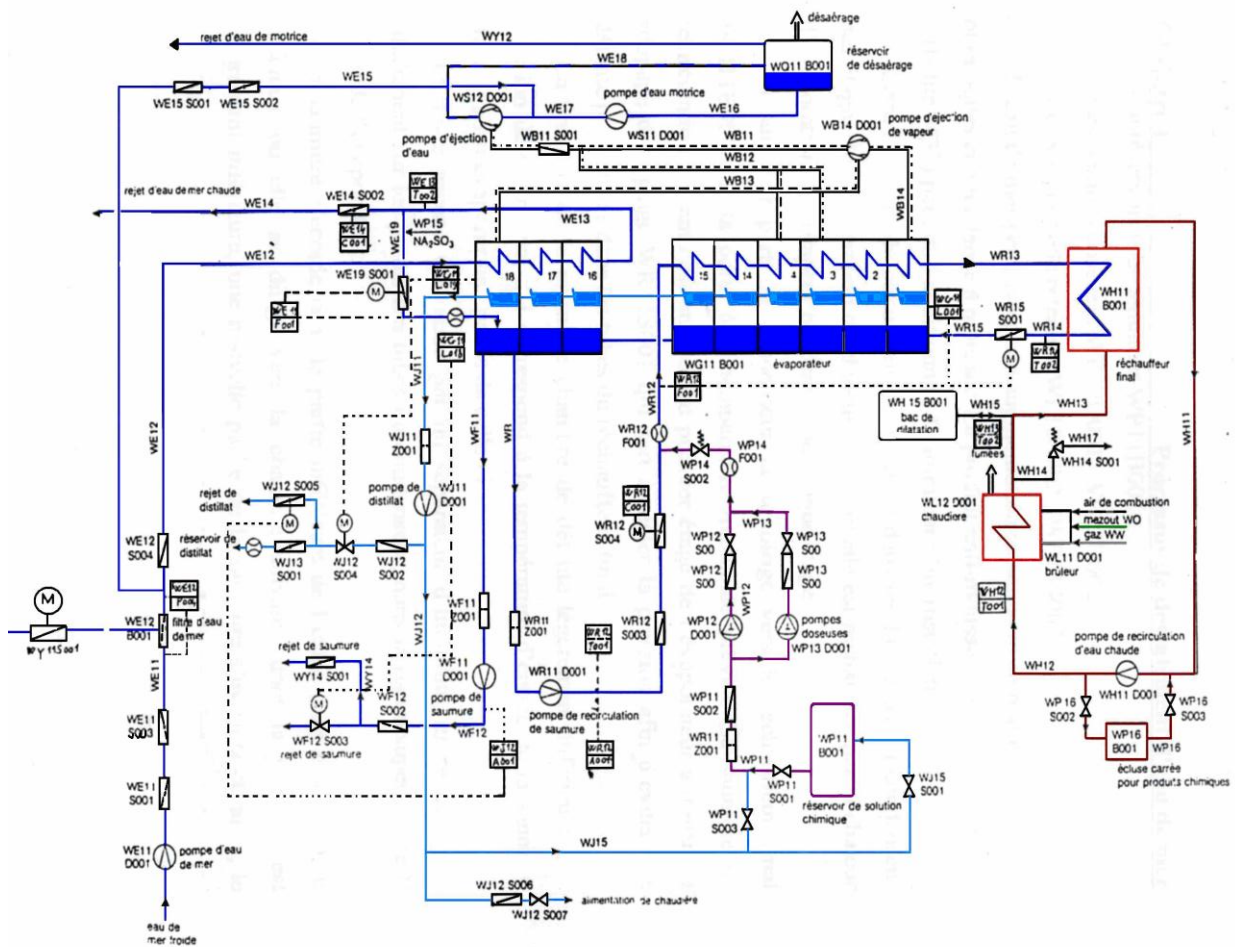


Figure II.13 : Schéma détaillé de l'unité de dessalement. [12]

II.2.5. Partie opérative de la station de dessalement:

II.2.5.1. Partie électrique

II.2.5.1.1. Armoire électrique :

L'armoire de commande comprend l'équipement de commande et de réglage pour l'ensemble de l'installation, y compris tous les systèmes logiques, ainsi que les relais auxiliaires, les lampes témoins d'exploitation, les touches et les lampes témoins, le système d'alarme, le diagramme d'ensemble, les indicateurs et les régulateurs. [12]

- **contacteur/relai :**

Un relais électromécanique est un organe permettant la commutation de liaisons électriques, il est chargé de transmettre un ordre de la partie commande à la partie puissance.

Ces dispositifs peuvent être alimentés avec une basse tension (220V, 380V) ou bien avec une très basse tension (12V, 24V) suivant leurs alimentations respectivement, le nom du relais ou bien du contacteur. Ils sont composés de contacts normalement ouverts ou normalement fermés, trois phases pour les contacteurs et une bobine d'excitation..

- **Transformateur :**

Un transformateur électrique est un convertisseur permettant de modifier les valeurs de tension et d'intensité du courant délivrées par une source d'énergie électrique alternative.

Il est constitué principalement d'enroulement et de circuit magnétiques.

Sectionneur :

Le sectionneur est un appareil électromécanique permettant de séparer, de façon visible, un circuit électrique en aval de son alimentation et qui assure en position ouverte une distance de sectionnement satisfaisante électriquement.



Figure II. 15 : Contacteur



Figure II. 14 : Sectionneur

- **Disjoncteur :**

- **Disjoncteur Moteur :**

Un disjoncteur moteur assure la protection contre les fortes et les faible surcharges, leur avantage par rapport à un disjoncteur classique est que la protection thermique est réglable.

- **Disjoncteur bipolaire :**

Un disjoncteur bipolaire est un dispositif de protection contre les surcharges ou les courants de court circuit. Il est composé d'un détecteur thermique et magnétique avec système de coupure.



Figure II. 16 : Disjoncteur Moteur.



Figure II. 17 : Disjoncteur bipolaire.

II.2.5.2. Partie Instrumentation:

La surveillance de l'unité de dessalement d'eau de mer se fait sous contrôle des paramètres suivants:

II.2.5.2.1. Capteur de débit :

Les débits contrôlés par l'armoire de commande sont :

- Le débit de saumure de recirculation qui est réglé par la soupape WR15S001. Lors du démarrage. Ce débit augmente progressivement, et ce, proportionnellement à la température de sortie du réchauffeur final et à la température de l'eau chaude de la chaudière.
- Le débit d'eau d'alimentation (WE19F001) est indiqué et réglé par la soupape (WE19S001).

Elément de mesure :

Débitmètre électromagnétique : [14]

Un débitmètre électromagnétique (DEM) est un type de débitmètre utilisant le principe de l'induction électromagnétique. Pour ce faire, un champ magnétique est appliqué au fluide dont on souhaite mesurer le débit, ce qui crée une force électromotrice d'autant plus forte que le débit est élevé. Ce type de débitmètre nécessite que le fluide ait une conductivité électrique suffisante. (Figure II.18)



Figure II. 18 : Débitmètre électromagnétique.

II.2.5.2.2. Capteur de pression :

Parmi les manomètres installés dans le processus on trouve :

- l'indicateur de pression WG11P002 de l'étage 18.
- l'indicateur de pression circuit eau chaude WH15P002.
- l'indicateur de pression basse chaudière WH16L002 qui déclenche l'arrêt d'urgence de l'installation.

Elément de mesure [14]

Manomètre :

Un manomètre est un instrument de mesure de la pression d'un fluide. Il est à noter que celle-ci ne peut être mesurée que par rapport à une pression de référence, en général la pression atmosphérique. (figure II.19 et figure II.20)

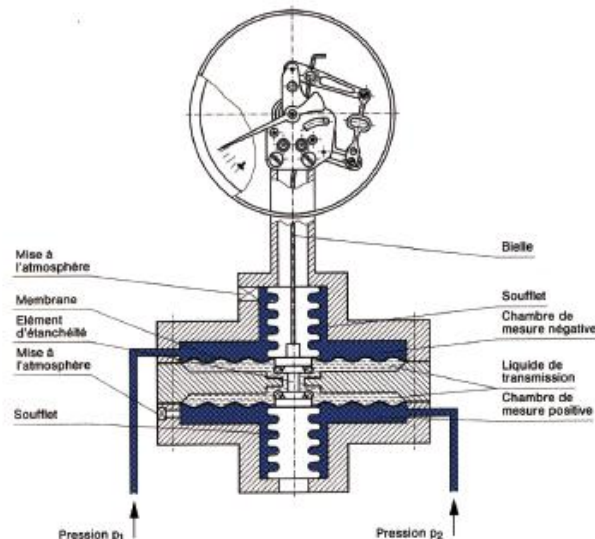


Figure II.19 : Manomètre électronique.



Figure II. 20 : Manomètre pour pression différentielle.

II.2.5.2.3. Capteur de température :

- La température de l'eau de mer à la sortie de la zone de dissipation de chaleur WE13T002 est indiquée sur l'armoire de commande.
- Un indicateur placé à la sortie du réchauffeur final donne la température de saumure WR14T002.
- Un indicateur de température dans le circuit d'eau de la chaudière permet de surveiller son état.
- le thermostat règle le brûleur de la chaudière suivant le signal donné par le thermomètre WH12T001 placé devant la chaudière.

Elément de mesure :

Thermocouple, Thermistance : [14]

Les thermocouples, ou couples thermoélectriques (CTE), sont, en physique, des couples de matériaux dont l'effet Seebeck est utilisé pour la mesure de la température. Ils sont bon marché et permettent la mesure dans une grande gamme de températures. La principale limite est la précision obtenue. Il est relativement difficile d'obtenir des mesures avec une incertitude inférieure à 0,1 °C. (Figure II.21)

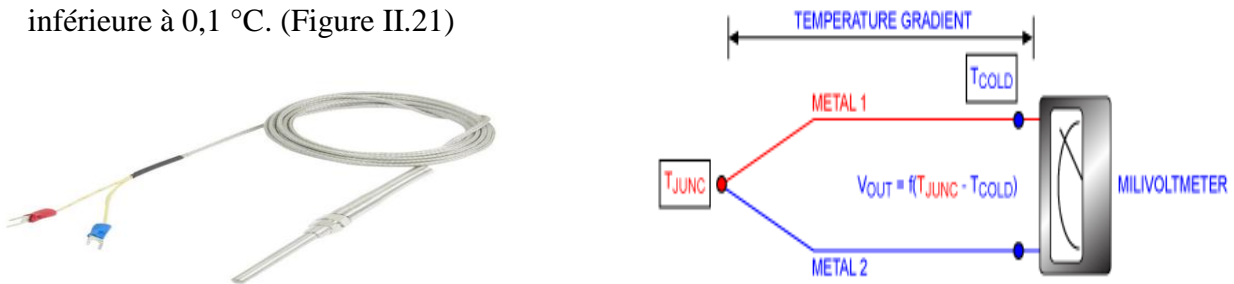


Figure II. 21 : Thermocouple. [19]

Thermistance : Les détecteurs de température à résistance (RTD), comme leurs noms l'indiquent, sont des capteurs mesurant la température par corrélation de la résistance de l'élément RTD et de la température. La plupart des éléments RTD sont constitués d'une certaine longueur de fil de résistance très fin, entouré autour d'un noyau de céramique ou de verre. L'élément est habituellement assez fragile, il est donc souvent placé à l'intérieur d'une sonde gainée pour le protéger. L'élément RTD est fabriqué à partir d'un matériau pur, dont la résistance à différentes températures a été testée. La résistance de ce matériau varie de manière connue et prévisible en fonction des modifications de températures; c'est précisément cette variation de résistance qui sert à déterminer la température.

II.2.5.2.4. Capteur de niveau:

Les niveaux de saumure et de distillat sont commandés par une boucle de régulation de niveau. Cette boucle protège les pompes contre des pertes d'aspiration en fermant les soupapes de pression lorsque le niveau baisse. [14]

Pour mesurer les niveaux de saumure et de distillat des indicateurs de niveau à volet magnétique sont prévus.

Pour la chaudière est prévu un avertisseur de niveau bas qui déclenche l'arrêt d'urgence de l'installation.

Chapitre II : Procédé de dessalement à la Centrale de RAS-DJINET

Pour les réservoirs de dosage des produits chimiques, est prévu un avertisseur de niveau minimal. Le niveau bas L donne le signal d'alarme. Le niveau très bas LL coupe la pompe doseuse et déclenche ainsi un arrêt du poste de dessalement.

Elément de mesure :

Indicateur de Niveau magnétique : Les capteurs de mesure de niveau servent de transducteurs pour la mesure continue et précise de niveau de fluides liquides en repérant la position du flotteur magnétique selon le principe de mesure magnétostrictif. Les capteurs de niveau sont installés à l'extérieur des indicateurs de niveau à by-pass. (figure II.22)

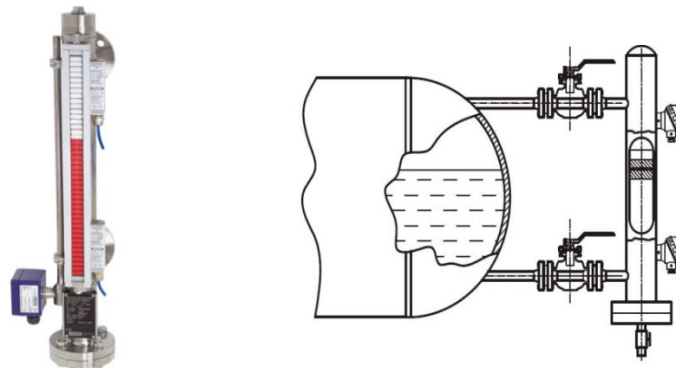


Figure II. 22 : Indicateur de niveau magnétique.[19]

II.2.5.2.5. Capteur de conductivité:

La qualité du distillat est indiquée et contrôlée en permanence par le conductimètre WJ12A001. La valeur limite réglable déclenche automatiquement le rejet de distillat vers la soupape WJ12S005. [14]

Elément de mesure :

Conductimètre : Un conductimètre est un appareil permettant de mesurer la conductivité d'une solution. Il est constitué de deux parties : un boîtier électronique qui affiche la valeur de la conductivité et d'une cellule qui mesure cette valeur.

La mesure de la conductivité se fait en courant alternatif pour éviter la polarisation des électrodes. L'appareil mesure la tension aux bornes d'une cellule plongeant dans la solution à étudier et l'intensité du courant qui y circule. (Figure II.23)

Les cellules sont en général formées de deux plaques conductrices parallèles de section S , séparées par une distance l . Le rapport $S/L, K$, est appelé constante de cellule et dépend de la cellule. Il permet de passer de la conductance G à la conductivité σ .



Figure II. 23 : Un Conductimètre.



Figure II. 24 : Sonde du conductimètre. [15]

II.2.5.2.6. Pupitre de commande:

Pour chaque unité de dessalement est associé un pupitre de commande afin de surveiller les équipements. Sur la face externe du pupitre, on trouve le schéma synoptique de l'unité, les lampes témoins, des indicateurs, le tableau d'alarmes pour la surveillance de l'unité, des boutons poussoirs, des régulateurs pour la commande des pompes et des clapets.

L'automate et les modules d'E/S (périphériques) sont rangés dans la face interne du pupitre.



Figure II. 25 : Pupitre de commande.

II.2.5.2.7. Les régulateurs:

Les régulateurs utilisés pour la commande sont donnés par le tableau suivant:

- Le débit d'eau d'alimentation
- La pression de la chambre 18
- La température d'eau de mer chaude
- La conductivité de la saumure
- Indication de la température de la saumure à l'entrée de l'étage 15
- Débit de circulation de saumure

Chapitre II : Procédé de dessalement à la Centrale de RAS-DJINET

- Température d'eau chaude
- Niveau de distillat dans la chambre 18 de l'évaporateur
- Niveau de saumure dans la chambre 18 de l'évaporateur

(Voir annexe : **Tableau II. 5**).



Figure II. 26 : les régulateurs.

II.2.5.2.8. Les boutons poussoirs:

Les boutons poussoirs sont destinés pour la commande des organes suivants:

- Organe de commande
- Pompe d'eau de mer
- Pompe d'eau motrice
- Pompe de recirculation de saumure
- Pompe de recirculation d'eau chaude
- Pompe de dosage de Bisulfite de Sodium
- Brûleur
- Pompe de dosage des additifs chimique
- Clapet de distillat
- Pompe de distillat
- Pompe de saumure

(Voir annexe : **Tableau II. 7**).



Figure II. 27: les boutons poussoirs.

II.5.2.9. Les alarmes:

Le pupitre de commande de l'installation de dessalement est équipé de plusieurs alarmes qui transmettent les dysfonctionnements aux opérateurs de conduite. Ces alarmes sont illustrées dans le (tableau II.8).

II.5.3. Les actionneurs :

Les actionneurs destinés pour la station de dessalement sont uniquement les moteurs asynchrones triphasés.

On distingue les moteurs asynchrones triphasés de moyenne puissance pour l'entraînement des différentes pompes, avec démarrage direct (voir annexe III).

Les moteurs asynchrones triphasés de faible puissance pour la commande des différents clapets, avec démarrage direct par inversion du sens de rotation (voir annexeII).

II.6. Conclusion :

Le procédé MSF a montré qu'il peut éliminer (plus de 95%) des sels d'eau de mer, ce qui nécessite le passage par l'unité de déminéralisation pour assurer une production d'eau de plus grandes puretés, mais l'utilisation de ce dernier est toujours limitée aux eaux faiblement chargées en ions de l'eau. C'est pour cette raison que la déminéralisation est utilisée comme un deuxième traitement après le traitement de dessalement par MSF (elle traite l'eau dessalée).

Dans ce chapitre nous avons décrit également trois parties essentielles destinées pour la commande des unités de dessalement à savoir:

- Le pupitre de commande qui renferme : les boutons poussoir, les régulateurs, les alarmes, et le synoptique de supervision.
- L'interface d'entrée représentée par les capteurs qui renferme: les capteurs de niveau, de pression, de débit, de température, et de conductivité.
- L'interface de sortie représentée par les prés actionneurs qui sont les contacteurs, et les relais, ainsi que les dispositifs de protection utilisés. Les actionneurs aussi qui sont uniquement les moteurs asynchrones triphasés destinés pour la commande des pompes et clapets.

III.A.1. Introduction :

Le développement de l'électronique à travers les microprocesseurs a complètement révolutionné le monde de la programmation.

L'automatisation des systèmes en ce qui concerne la partie commande, n'a pas échappé à cet essor fulgurant. L'automate programmable industriel a été conçu pour remplacer la logique câblée par une autre dite programmée.

Il existe différents types d'automates distingués principalement par leur forme, leur taille, leur apparence, leur mode d'alimentation, leur puissance, leur langage de programmation. Mais la plupart des automates disposent d'une console de programmation qui permet d'insérer le programme ou d'une interface logicielle qui permet de l'insérer à partir d'un ordinateur.

Les systèmes automatisés sont destinés à être utilisés dans un environnement industriel, qui utilisent une mémoire programmable pour le stockage interne des instructions orientées utilisateurs pour la mise en œuvre des fonctions spécifiques, telle que des fonctions de logique, de mise en séquence, de temporisation, de comptage et de calcul arithmétique, pour commander au moyen d'entrée et de sortie TOR (toute ou rien) ou Analogiques divers types de machines ou de processus.

L'automate programmable et ses périphériques associés sont conçus pour pouvoir facilement s'intégrer à un système d'automatisme industriel, et être facilement utilisés dans toutes leurs fonctions prévues.

Dans ce chapitre nous allons en premier décrire l'architecture des automates programmables, les procédures à suivre pour la création et la configuration matérielle d'un projet d'automatisation ainsi que la structure d'un projet et en second nous procéderons à l'élaboration du programme, que nous allons charger dans l'automate, grâce au logiciel de conception de programmes de systèmes d'automatisation SIMATIC S7.

III.A .2. Définition générale d'API :

L'Automate Programmable Industriel (API) est un appareil électronique adapté à l'environnement industriel, composé de trois parties : le processeur, la zone mémoire et les interfaces Entrées/Sorties. Il réalise des fonctions d'automatisme afin d'assurer la commande des pré-actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logiques, analogiques ou numériques qu'il reçoit à ces entrées et en suivant un programme inscrit dans sa mémoire.

III .A .2.1. Choix de l'automate programmable S7-300 :

Afin de choisir l'automate programmable approprié à la commande de notre station, nous nous sommes basé sur les principaux critères suivants [18] :

- Adaptation optimale au procédé tant humain (sécure) que technique, aussi bien lors de l'implantation sur le site qu'en cours d'exploitation (robustesse et performance).
- Disponibilité d'équipement sur le marché avec un faible coût.
- Outil de commande proche de l'utilisateur adapté au monde de penser et aux besoins de technicien de procédé.
- Simplicité de diagnostic et de maintenance.
- Amélioration de la flexibilité de la production.
- Augmentation de la qualité de produit.
- Les capacités de traitement du processus (vitesse, taille, du programme, opération, temps réel,....).
- La facilité de programmation.
- La communication avec d'autres systèmes.
- La nature de traitement (temporisation, comptage, etc.....).

III.A .2.2. Présentation de l'automate S7-300 :

L'automate programmable industriel S7-300 fabriqué par SIEMENS, qui fait partie de la gamme SIMATIC S7, est un système de commande modulaire destiné à des tâches d'automatisation moyennes et hautes gammes, configurable selon les besoins de l'utilisateur. La configuration et le jeu d'instruction des API SIEMENS sont choisis pour satisfaire les exigences typiques et industrielles et la capacité d'extension variable permet une adaptation facile de l'appareil à la tâche considérée. [18]

III.A .2.2.1. Caractéristique du S7/300 :

Il se caractérise par :

- ✓ Possibilité d'extension jusqu'à 32 modules.
- ✓ Il offre très large palette des modules d'E/S TOR et analogiques pour la quasi-totalité des signaux avec possibilité de traitement des interruptions et du diagnostic.
- ✓ La facilité de réalisation d'architecture décentralisée et la simplicité d'emploi, sa simplicité de montage et sa grande densité d'implantation avec des modules permettant un gain de place appréciable dans les armoires électriques.

Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement

- ✓ Ayant une aptitude élevée à l'environnement industriel humide, aux perturbations électromagnétiques et à la résistance élevée aux chocs des secousses.

III.A .2.2.2. Modularité de L'API S7/300 :

Le S7/300 est de conception modulaire, une vaste gamme de modules est disponible. Ces modules peuvent être combinés selon les besoins lors de la conception d'une solution d'automatisation.

Les différents modules sont les suivants :

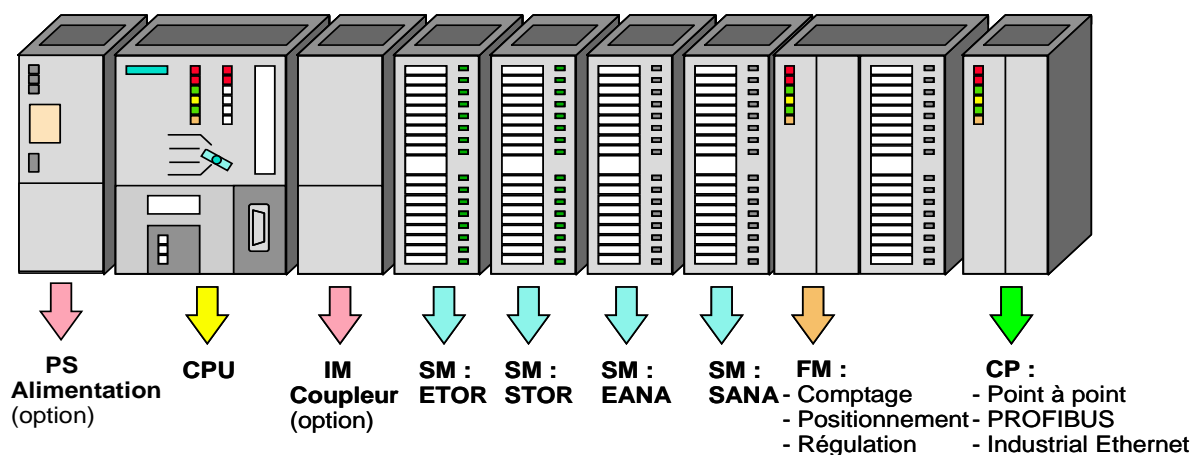


Figure III. 1 : Automate programmable S7-300.

- **Le bloc d'alimentation(PS) :**

Le module d'alimentation assure la conversion de la tension du secteur ou de réseau, en tension supportable par l'API (selon les besoins) , pour l'alimentation de l'automate ,ainsi que la fourniture de l'énergie nécessaire aux différents modules.

- **Unité centrale (CPU) :**

La CPU est le cerveau de l'automate. Elle permet de :

- Lire les états des signaux d'entrées.
- Exécuter le programme utilisateur et commander les sorties.
- Réaliser toutes les fonctions logiques, arithmétique et de traitements numériques (transfert, comptage temporisation ...)

Elle est constituée par le regroupement du processeur et de l'espace mémoire .le S7-300 dispose d'une large gamme de CPU à différents niveaux .on compte les versions suivantes :

- CPU à utilisation standard : CPU 313, CPU 314, CPU315 et CPU 316.

Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement

- CPU avec fonctions intégrées permettent d'automatiser à moindre coût des tâches qui ne nécessitent pas la performance d'un module de fonction (FM) ; la particularité de ces CPU est qu'elles sont dotées d'entrées/sorties TOR intégrées , d'EPROM intégrées et des fonctions intégrées.

- **Coupleur (IM) :**

Les coupleurs sont des cartes électroniques qui assurent la communication entre les E/S, périphéries ou autres et l'unité centrale. Les coupleurs ont pour rôle le raccordement d'un ou plusieurs châssis de base .pour l'API S7-300, LES couplages disponibles sont :

- IM 365 : pour le couplage entre les châssis d'un mètre de distance au maximum.
- IM 360 et IM 361 : pour le couplage allant jusqu'à 10 mètre de distance

- **Module communication(CP) :**

Les modules de communication sont destinés aux tâches de communication par transmission en série. Ils permettant d'établir également des liaisons (point à point) avec :

- Des commandes robots.
- Communication avec des pupitres opérateurs.
- Des automates SIMATIC S7, SIMATIC S5 et des automates d'autres constructeurs.

- **Module de fonctions (FM) :**

Ces modules réduisent la charge de traitement de la CPU en assurant des tâches lourdes de calculs. On peut citer les modules suivants :

- FM 354 et FM 357 : Module de commande d'axe pour servomoteur.
- FM 353 : Module de positionnement pour moteur pas à pas.
- FM 355 : Module de régulation.
- FM 350-1 et FM 350-2 : Module de comptage.

- **Modules de signaux (SM) :**

Ils servent d'interface entre le processus et l'automate. Ils existent des modules d'entrées/sorties TOR, ainsi que des modules d'entrées/sorties analogiques. Les modules d'entrées/sorties sont des interfaces vers les capteurs et les actionneurs d'une machine ou d'une installation.

Il existe différents modules d'entrées/sorties dont :

- **Les modules d'entrées :**

Ce sont des circuits spécialisés destinés à recevoir en toute sécurité pour l'automate, les signaux issus des capteurs, les interrupteurs ou les boutons poussoirs.

- **Les modules d'entrées tout ou rien (TOR) :** ils permettant de raccorder à l'automate les différents capteurs logiques tels que : boutons poussoirs, pressostats, limiteurs de couple.
- **Les modules d'entrées analogiques :** sont des interfaces pour des signaux analogiques. Les modules d'entrées analogiques convertissent des signaux analogiques (courant, pression, tension) en valeurs numériques qui peuvent être traitées par la CPU.

➤ **Les modules des sorties :**

Ce sont des circuits spécialisés destinées à commander en toute sécurité, les pré-actionneurs ou les actionneurs, et adapter les niveaux de tensions de l'unité de commande à celle de la partie opérative du système.

- **Les modules de sorties TOR :** ils permettant de raccorder à l'automate les différents pré-actionneurs, tels que les bobines des contacts moteurs.
- **Les modules de sortie analogiques :** sont des interfaces pour des signaux analogiques. Ces modules fournissent des signaux analogiques en fonction de valeurs qui lui sont transmises par la CPU. L'opération de conversion est assurée par des convertisseurs numériques/analogiques (CNA).

● **Périphériques de la communication extérieure :**

On peut communiquer avec l'automate S7-300 ou la CPU avec console de programmation (PG) ; contient le logiciel de programmation (STEP7). Elle permet :

- ✓ d'écrire le programme, de le compiler et de transférer à l'automate.
- ✓ D'exécuter le programme pas à pas et de visualiser.
- ✓ De force ou de modifier des données telles que les entrées, les sorties, les bits internes, les temporisations, les coupleurs,.....etc.

● **Modules de simulations (SM 374) :**

Le module de simulation est un module spécial qui est installé à la demande de l'utilisateur. Dans le S7-300, ce module se monte à la place d'un module d'entrée ou de sortie TOR. Il assure plusieurs fonctions telles que :

- ✓ La simulation des fonctions des signaux de capteurs aux moyens d'interrupteurs.
- ✓ La signalisation d'état des signaux de sorties par des LED.

III.A .3. Description du logiciel STEP7 :

STEP7 est un logiciel de base pour la configuration et la programmation des systèmes d'automatisation SIMATIC S300 et S400. Il fait partie de l'industrie logicielle SIMATIC. Le logiciel de base assiste dans toutes les phases du processus de création de la solution d'automatisation.

Le logiciel STEP7 met à notre disposition les logiciels de bases suivants :

III.A .3.1. Gestionnaire de projet SIMATIC Manager :

SIMATIC Manager constitue l'interface d'accès à la configuration et à la programmation. Ce gestionnaire de projet présente le programme principal du logiciel STEP7, il gère toutes les données relatives à un projet d'automatisation, quel que soit le système cible sur lequel elles ont été créées.

III.A.3.2. Editeur de programme :

L'éditeur de programme STEP7 dispose de plusieurs modes de représentation, selon l'état de connaissance de l'automaticien. On respectant certaines règles, le programme peut être conçu sous forme de liste d'instructions puis converti en autre mode de représentation. Les langages de programmation **CONT**, **LIST**, **LOG** font partie intégrante du logiciel de base.

- ✓ **Le schéma a contacts (CONT) :** est un langage de programmation graphique, il permet de suivre facilement le trajet du courant entre les barres d'alimentation en passant par les contacts, les éléments complexes et de les bobines. La syntaxe des instructions fait penser aux schémas de circuits électriques.
- ✓ **La liste d'instructions (LIST) :** est un langage de programmation textuel proche de la machine. Dans un programme LIST, les différentes instructions correspondent, dans une large mesure, aux étapes par lesquelles la CPU traite le programme.
- ✓ **Le logigramme (LOG) :** est un langage de programmation graphique qui utilise les boites de l'algèbre de Boole pour représenter les opérations logiques. Les fonctions complexes, comme par exemple les fonctions mathématiques, peuvent être représentées directement combinées avec les boites logiques.

III.A.3.3. Le simulateur des programmes PLCSIM :

L'application de simulation de modules S7-PLCSIM permet d'exécuter et de tester le programme avant son implantation dans un Automate Programmable (programmes destinés aux CPU S7-300 et aux CPU S7-400). On simule dans un ordinateur ou dans une console de programmation, la simulation étant complètement réalisée au sein du logiciel STEP7 d'une manière interne. C'est une fonction importante qui permet de simuler le programme sur PC sans

Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement

être relié à aucun système cible et donc d'effectuer la mise au point du programme sans être sur le site et de remédier à d'éventuelles erreurs. [18]

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). Tout en exécutant le programme dans l'application de simulation.

III.A.3.4. Structure d'un programme STEP7 :

Avec Step7 il est possible de structurer le programme selon deux types : [21]

- **Programmation linéaire** : dans ce cas le programme est écrit dans le bloc principal OBI.
- **Programme structuré** : dans ce cas le programme est divisé en sous-programmes programmés dans les blocs (sauf OB 1) et appelés dans OBI ou autres blocs : c'est ce qu'on appelle l'imbrication,

L'organisation des applications réalisées avec Step7 sont conçus à partir de blocs, on distingue :

- Les blocs de code (OB, FB, FC) qui contiennent les programmes,
- Les blocs de données DB d'instance et DB globaux qui contiennent les paramètres du programme.

Dans le programme utilisateur, le dossier bloc, contient les blocs que l'on doit charger dans la CPU pour réaliser la tâche d'automatisation, il englobe :

✓ **Les blocs d'organisation (OB)**

Le bloc programme principal appelé OBI (Bloc d'Organisation N°1). Il s'exécute d'une manière cyclique par la CPU de l'automate. Ce programme ne doit contenir que des opérations permanentes quel que soit le mode de fonctionnement car l'OBI est toujours scruté. Il doit aussi gérer l'appel des sous programmes.

✓ **Les blocs sous programmes (FC et FB)**

Ils sont exécutés uniquement lorsque le programme principal les appelle (un sous-programme peut aussi appeler un autre sous-programme). Il permet de structurer l'application: par exemple, chacun d'eux contient la partie du programme gérant un mode de fonctionnement ou une zone définie de l'installation.

✓ **Les blocs de données (DB)**

Ces blocs de données servent uniquement à stocker des informations et des données mais pas d'instructions comme les blocs de code. Les données utilisateurs stockés seront utilisées par la suite par d'autres blocs.

III.B.2. Systèmes automatisés :

III.B.2.1. Définition de l'automatisation :

Fait d'automatiser l'exécution d'une suite d'opérations est une exécution totale ou partielle de tâches techniques sans intervention humaine.

III.B.2.2. L'objectif de l'automatisation :

- **Visant le personnel**
 - Amélioration des conditions de travail en supprimant les tâches les plus pénibles
 - augmentant la sécurité.
- **Visant le produit : Amélioration :**
 - La faisabilité, sa qualité par rapport au cahier de charges.
 - La fiabilité dans le temps.
- **Visant l'entreprise : Amélioration**
 - La compétitivité (en diminuant les coûts de production).
 - La productivité.
 - La qualité de production.
 - La capacité de contrôle.

III.B.2.3. Structure d'un système automatisé :

Un système automatisé peut, pour faciliter l'analyse, se représenter sous la forme d'un schéma identifiant trois parties (P.O ; P.C ; P.P) du système et exprimant leurs interrelations (Informations, Ordres, Comptes-rendus, Consignes). [9]

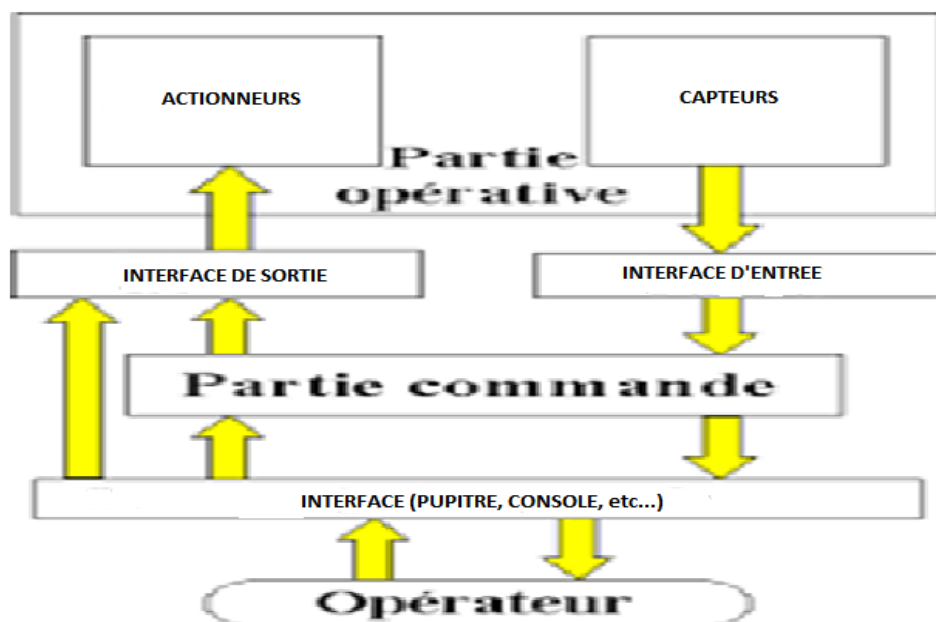


Figure III. 2: Schéma d'organisation d'un système automatisé.

III.B.3. Modélisation du fonctionnement :

III.B.3.1. Grafcet :

III.B.3.1.1. Définition :

Le GRAFCET (Graphe Fonctionnel et Commande Etape Transition) est un langage graphique sert à décrire, étudier, et exploiter les automatismes.

III.B.3.1.2. Eléments de base du GRAFCET :

Un Grafcet est composé d'étapes, de transition et de liaison.

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

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

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

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

Représenter une transition par un petit trait horizontal sur une liaison verticale. On note à droite la réceptivité, on peut noter à gauche un numéro de transition (entier positif, indépendant des numéros d'étapes).

Dans le cas de plusieurs liaisons arrivant sur une transition, on les fait converger sur une grande double barre.

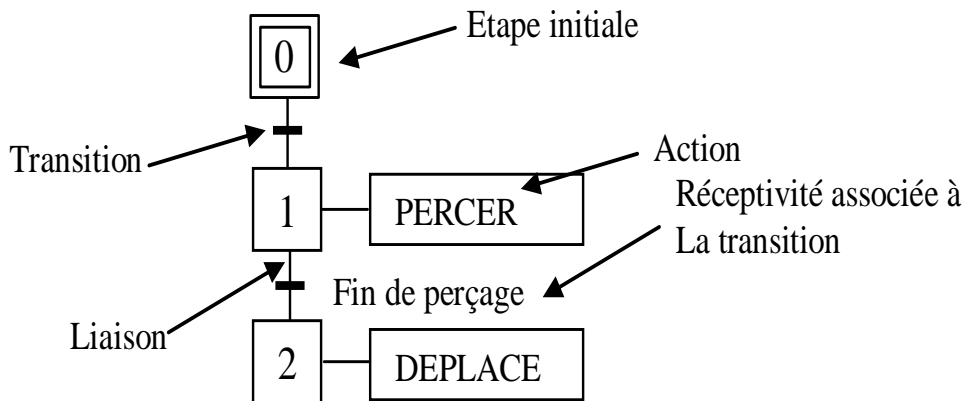


Figure III. 3 : Eléments de base d'un GRAFCET.

III.B.3.2. Elaboration de GRAFCET de l'unité de dessalement :

III.B.3.2.1. Cahier de charges pour le démarrage des unités :

Avant le démarrage de l'unité, contrôler si l'alarme prêt au départ c'est à dire prêt au démarrage est affichée. Cette alarme permet d'avoir une idée sur la situation des différents clapets et pompes.

1- le démarrage de la pompe d'eau de mer WE11D001 fait débloquent son clapet de refoulement WE11S003 qui s'ouvre automatiquement après 30s.

Si après 30s le clapet WE11S003 est fermé la pompe WE11D001 s'arrête.

2- La signalisation pompe d'eau de mer WE11D001 marche, avec fin de course ouvert de son clapet de refoulement WE11S003, avec alarme différence de pression entrée et sortie filtre(WE12P004AH) font démarrer le filtre autonettoyant WE12B001 :

a) le moteur de filtre est mis en marche, en même temps le clapet de descente de boue WY11S001 s'ouvre après 20s.

b) fin de course ouvert du clapet WY11S001 fait refermer le clapet à nouveau.

c) le fin de course de clapet WY11S001 fermé, le moteur du filtre s'arrête.

3- la pompe d'eau motrice WS11D001 est mise en marche, si la pompe WE11D001 est en service avec son clapet WE11S003 ouvert.

4- l'ouverture de clapet de rejet d'eau de mer WE14S002 pour le réglage de la charge de la pompe WE11D001 à 75A, et l'ouverture de clapet d'alimentation étage 18 WE19S001, sont conditionnées par le fin de course ouvert du clapet WE11S003.

5- la pompe de bisulfite de sodium WP15D001 est mise en marche avec l'agitateur WP15D002, si l'alarme teneur en chlore haute WE11A001AH est affichée.

Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement

L'arrêt de la pompe et l'agitateur, est provoqué par l'alarme niveau bas WP15L002AL du réservoir.

6- si le niveau étage 18 (WG11L018) est de 400mm, et si l'alarme de vide dans l'évaporateur n'est pas affichée (WG11P002>AL), la pompe de rejet de saumure WF11D001, et la pompe de recirculation de saumure WR11D001 sont débloquent pour la mise en marche :

a) la pompe WF11D001 est mise en marche, son clapet de refoulement WF12S003 s'ouvre automatiquement après 30s.

Si WF12S003 est fermé après 30s, la pompe WF11D001 s'arrête.

Si l'alarme WG11L018AL est affichée, la pompe WF11D001 est verrouillée.

b) la pompe WR11D001 est mise en marche, son clapet de refoulement WR12S004 s'ouvre automatiquement après 30s, ainsi que le clapet de réglage de pression réchauffeur final WR15S001 s'ouvre également.

Si WR12S004 est fermé après 30s, la pompe WR11D001 s'arrête.

Si l'alarme WG11L018AL est affichée, la pompe WR11D001 est verrouillée.

c) la pompe de dosage belgard et belite WP12D001 et l'agitateur WP11D001, sont mis en marche lors de la mise en service de la pompe WR11D001.

Si l'alarme niveau réservoir belgard et belite WP11L002AL est affichée, la pompe WP12D001 et l'agitateur WP11D001 sont verrouillés.

7- la pompe d'eau chaude WH11D001 est mise en marche si l'alarme niveau chaudière WH16L001AL n'est pas affichée. Sinon la pompe est verrouillée.

8- L'allumage du bruleur est conditionné par les libérations suivantes :

a) pompe WR11D001 en marche.

b) clapet WR15S001 est ouvert.

c) pompe WH11D001 en marche.

d) alarme température eau chaude WH13T001AHH n'est pas affichée.

e) alarme niveau chaudière WH16L001AL n'est pas affichée.

f) alarme pression eau chaude WH13P001AL n'est pas affichée.

9- une fois le bruleur allumé la température eau chaude commence à monter jusqu'à atteindre 90c, ainsi que la température de recirculation de saumure qui atteint 85c. la production de distillat est en cours.

Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement

10- si le niveau de distillat est de 250mm, l'alarme niveau bas n'est pas affichée (WG11L019>AL), la pompe de distillat WJ11D001 est mise en marche, son clapet de refoulement WJ12S004 s'ouvre automatiquement après 30s.

-si après 30s WJ12S004 est fermé, la pompe WJ12D001 s'arrête.

-si l'alarme de niveau de distillat WG11L019AL est affichée, la pompe WJ11D001 est verrouillée.

11- si la mesure de la conductivité WJ12A001 est supérieur à 30us/cm, le clapet de basculement WJ12S005 s'ouvre pour évacuer le distillat vers le rejet.

-si la mesure de conductivité est inférieur à 30us/cm, le clapet WJ12S005 se ferme pour acheminer le distillat vers les bâches de stockage d'eau dessalée. la lampe unité complètement en service est affichée.

III.B.3.2.2. Modélisation par Grafcet :

Pour modéliser le mode de démarrage des unités de dessalement on a opté pour le Grafcet niveau 3 implanté dans le logiciel AUTOMGEN,(voir annexe :figure1)

Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement

- **Tableau des actions utilisées pour le démarrage :**

Le tableau représente les actions utilisées dans les modèles de conduites (Grafcet)

D WE11D001	Démarrage de la pompe d'eau de mer
O WE11S003	Ouverture automatique de clapet de refoulement pompe d'eau de mer
A WE11D001	Arrêt de la pompe d'eau de mer
D WE12B001	Démarrage de filtre d'eau de mer autonettoyant
O WY11S001	Ouverture automatique de clapet de dégagement des boues
F WY11S001	fermeture automatique de clapet de dégagement des boues
A WE12B001	Arrêt de filtre d'eau de mer autonettoyant
D WS11D001	Démarrage de la pompe de création de vide
O WE14S002	Ouverture de clapet de rejet d'eau de mer
O WE19S001	Ouverture de clapet d'alimentation étage 18
D WP15D001	Démarrage de la pompe de bisulfite de sodium
D WP15D002	Démarrage de l'agitateur de bisulfite de sodium
D WF11D001	Démarrage de la pompe de rejet de saumure
O WF12S003	Ouverture automatique de clapet de refoulement pompe de rejet de saumure
AWF11D001	Arrêt de la pompe de rejet de saumure
D WR11D001	Démarrage de la pompe de recirculation de saumure
O WR12S004	Ouverture automatique de clapet de refoulement pompe recirculation de saumure
A WR11D001	Arrêt de la pompe de recirculation de saumure
O WR15S001	Ouverture de clapet de réglage pression réchauffeur final
D WP12D001	Démarrage de la pompe de dosage BELGARD et BELITE
D WP11D001	Démarrage de l'agitateur de BELGARD et BELITE
D WH11D001	Démarrage de la pompe de recirculation d'eau chaude
ALL WL11D001	Allumage de bruleur
MES T E CH	Mesure de la température d'eau chaude
D WJ11D001	Démarrage de la pompe de distillat
O WJ12S004	Ouverture automatique de clapet de refoulement pompe de distillat
A WJ11D001	Arrêt de la pompe de distillat
MES COND	Mesure de la conductivité
O WJ12S005	Ouverture de clapet de distillat vers le rejet
O WJ13S001	Ouverture de clapet de distillat vers les bâches de stockage
COMP SERVICE	Lampe : unité complètement en service

Tableau III. 1 : Les actions pour le démarrage.

Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement

- **Tableau des réceptivités utilisées pour le démarrage:**

Le tableau III.2 représente les réceptivités utilisées dans notre modèle de Grafset.

Adresses	Désignation
COMP SERVICE	Unité complètement en service
DCY	Départ de cycle
T/Xi/y s	Fin de temporisation
M25.0	prêt au départ
M22.2	Déblocage du bruleur
Adresse des clapets	Désignation
A0.4	clapet WE11S003 ouvert
A0.5	clapet WE11S003 fermé
A1.4	clapet WY11S001 ouvert
A1.5	clapet WY11S001 fermé
A2.4	clapet WR15S001 ouvert
A2.5	clapet WR15S004 fermé
A3.4	clapet WE19S001 ouvert
A4.4	clapet WE14S002 ouvert
A5.4	clapet WF12S003 ouvert
A5.5	clapet WF12S003 fermé
A6.4	clapet WJ12S004 ouvert
A6.5	clapet WJ12S004 fermé
A7.4	clapet WR12S004 ouvert
A8.4	clapet WJ12S005 ouvert
A8.5	clapet WJ12S005 fermé
Adresses des pompes, Agitateurs, filtre et bruleur.	Désignation
A9.4	Pompe bisulfate de sodium WP15D001 marche
A10.4	Agitateur BELGARD WP11D001 marche
A12.4	Filtre eau de mer WE12B001 marche
A13.4	Pompe BELGARD WP12D001 marche
A15.4	Agitateur bisulfate de sodium WP15D002 marche
A16.4	pompe d'eau de mer WE11D001 marche
A16.3	pompe d'eau de mer WE11D001 arrêt
A17.4	pompe de recirculation de saumure WR11D001 marche
A17.3	pompe de recirculation de saumure WR11D001 arrêt
A18.4	pompe de rejet de saumure WF11D001 marche
A18.3	pompe de rejet de saumure WF11D001 arrêt
A19.4	pompe de distillat WJ11D001 marche
A19.3	pompe de distillat WJ11D001 arrêt
A20.4	pompe de création de vide WS11D001 marche
A21.4	Pompe d'eau chaude WH11D001 marche
A22.4	Bruleur allumé
Adresses des alarmes et capteurs	Désignation
WE12P004> AH	Alarme DP Filtre eau de mer haute
WE12P004< AH	Absence Alarme DP Filtre eau de mer

Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement

WE11A001 > AH	Alarme présence chlore haute
WE11A001 <AH	Absence Alarme chlore
WP15L002 < AL	Alarme niveau réservoir bisulfite bas
WP15L002 > AL	Absence Alarme réservoir bisulfite
WG11P002 > AL	Absence alarme de vide
WG11L018 > AL	Alarme niveau saumure bas
WG11L018 < AL	Absence Alarme niveau saumure bas
WP11L002 > AL	Alarme niveau réservoir BELGARD bas
WP11L002 > AL	Absence Alarme niveau réservoir BELGARD bas
WH16 L001 > AL	Absence Alarme niveau chaudière bas
WG11L019> AL	Absence Alarme niveau distillat bas
WH13T002	Capteur de mesure de la température sortie eau chaude
T C= 90c	température sortie eau chaude égale: 90c
WJ12A001	Capteur de mesure de la conductivité du distillat
CD	Conductivité du distillat

Tableau III. 2 : Tableau des réceptivités utilisées pour le démarrage.

III.B.3.2.3. Cahier de charge pour l'arrêt :

Pour des raisons de sécurité des équipements de l'unité, son arrêt ne peut s'effectuer d'une manière directe, il se fait d'une façon progressive et s'opère par les actions suivantes :

1- Extinction du brûleur WL11D001

2- Mesure de la température de recirculation de saumure WR13T003:

Si la température de recirculation de saumure WR13T003 est supérieur à 60c: phase d'attente jusqu'a la baisse des températures.

Si la température de recirculation de saumure WR13T003 est inferieur à 60c: fermeture de clapet de la pompe de recirculation de saumure WR15S001.

3- arrêt de la pompe de recirculation de saumure WR11D001 avec fermeture de son clapet de refoulement WR12S004 après 30s.

4- la pompe de dosage belgardbelite et l'agitateur s'arrêtent automatiquement avec l'arrêt de la pompe de recirculation de saumure WR11D001.

5- arrêt de la pompe de recirculation d'eau chaude WH11D001.

6- Fermeture de clapet d'alimentation WE19S001.

7- fermeture de clapet de refoulement WE11S003 de la pompe d'eau de mer.

8-arrêt de la pompe d'eau de mer WE11D001 après 30s de la fermeture de son clapetWE11S003.

9-fermeture de clapet de rejet d'eau de mer WE14S002.

10- arrêt de la pompe d'eau motrice WS11D001.

Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement

11- arrêt de la pompe de distillat WJ11D001 et fermeture de son clapet de refoulement WJ12S004 après 30s.

12- Arrêt de la pompe de rejet de saumure WF11D001 et fermeture de son clapet de refoulement WF12S003 après 30s

13- L'alarme prête au départ apparait.(voir grafcet et programme d'arret des unités de dessalement en annexe4 et 5).

- **Tableau des actions utilisées pour l'arrêt des unités de dessalement:**

ACY	Arrêt du cycle
A WL11D001	Arrêt bruleu
MES WR14T002	Mesure température de saumure sortie réchauffeur final
F WR15S001	Fermeture clapet sortie réchauffeur final
A WR11D001	Arrêt pompe de recirculation de saumure
A WP12D001	Arrêt pompe d'injection belgard
A WP1D001	Arrêt agitateur belgard
A WH11D001	Arrêt pompe de recirculation d'eau chaude
F WE19S001	Fermeture clapet d'alimentation étage 18
F WE11S003	Fermeture clapet de refoulement pompe d'eau de mer
A WE11D001	Arrêt pompe d'eau de mer
F WE14S002	Fermeture clapet de rejet d'eau de mer
A WS11D001	Arrêt pompe d'eau motrice
A WS11D001	Arrêt pompe du distillat
F Wj12S004	Fermeture clapet de refoulement pompe du distillat
A WF11D001	Arrêt pompe du rejet de saumure
F WF12S003	Fermeture clapet de refoulement pompe du rejet de saumure
Prêt au départ	Alarme: prêt au départ

Tableau III. 3 : Tableau des actions utilisées pour l'arrêt des unités de dessalement.

Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement

• Tableau des réceptivités utilisées pour l'arrêt :

ACY	Arrêt de cycle
WR14T002 > 60c	Température de recirculation de saumure supérieure à 60c
WR14T002 < 60c	Température de recirculation de saumure inférieure à 60c
A22.3	arrêt Bruleur
A2.5	clapet WR15S001 fermé
A7.5	clapet WR12S004 fermé
A3.5	clapet WE19S001 fermé
A4.5	clapet WE14S002 fermé
A5.5	clapet WF12S003 fermé
A0.5	clapet WE11S003 fermé
A6.5	clapet WJ12S004 fermé
A17.3	Arrêt pompe de recirculation de saumure
A13.3	Arrêt pompe d'injection belgard et belite
A10.3	Arrêt agitateur belgard et belite
A21.3	Arrêt pompe de recirculation d'eau chaude
A16.3	Arrêt pompe d'eau de mer
A20.3	Arrêt pompe d'eau motrice
A19.3	Arrêt pompe du distillat
A18.3	Arrêt pompe de rejet de saumure

Tableau III. 4: Tableau des réceptivités utilisées pour l'arrêt.

III.B.3.3. Modélisation par le logiciel de programmation STEP7 :

Le logiciel de programmation STEP7 permet de créer des programmes utilisateurs pour les automates programmables SIMATIC S7.

Les tâches de bases qu'il offre à son utilisateur lors de la création d'une solution d'automatisation sont :

- La création et gestion de projets.
- La configuration et le paramétrage du matériel et de la communication.
- La gestion des mnémoniques.
- La création des programmes.
- Le chargement de programme dans les systèmes ciblés.
- Le test de l'installation d'automatisation.
- Le diagnostic lors de la perturbation dans l'installation.

Le STEP7 représente le logiciel de base pour la configuration et la programmation d'un système d'automatisation.

Avant de commencer la programmation, il est nécessaire de créer un projet, dans lequel, les données et le programme utilisateur à créer seront structurés.

III.B.3.3.1. Création du projet dans SIMATIC Manager

Afin de créer un nouveau projet STEP7, il nous est possible d'utiliser « l'assistant de création de projet », ou bien créer le projet lui-même et le configurer directement. Cette dernière est un peu plus complexe, mais nous permet aisément de gérer notre projet.


a. Utilisation de l'assistant de création d'un projet

Pour créer un projet STEP 7, on doit exécuter les séquences suivantes :

- Lancer SIMATIC Manager par un double clic sur son icône.



- On affiche la fenêtre principale, pour sélectionner un nouveau projet et le valider. Par défaut l'assistant de création de projet apparaît à chaque démarrage de SIMATIC Manager, si ce n'est pas le cas, son lancement se fait en passant le menu fichier>assistant 'nouveau projet'. Cet assistant permet de créer un projet avec une interface simple. Les étapes à suivre sont les suivantes

 **Etape 1 :** Cliquer sur le bouton « suivant » (Figure III.4)

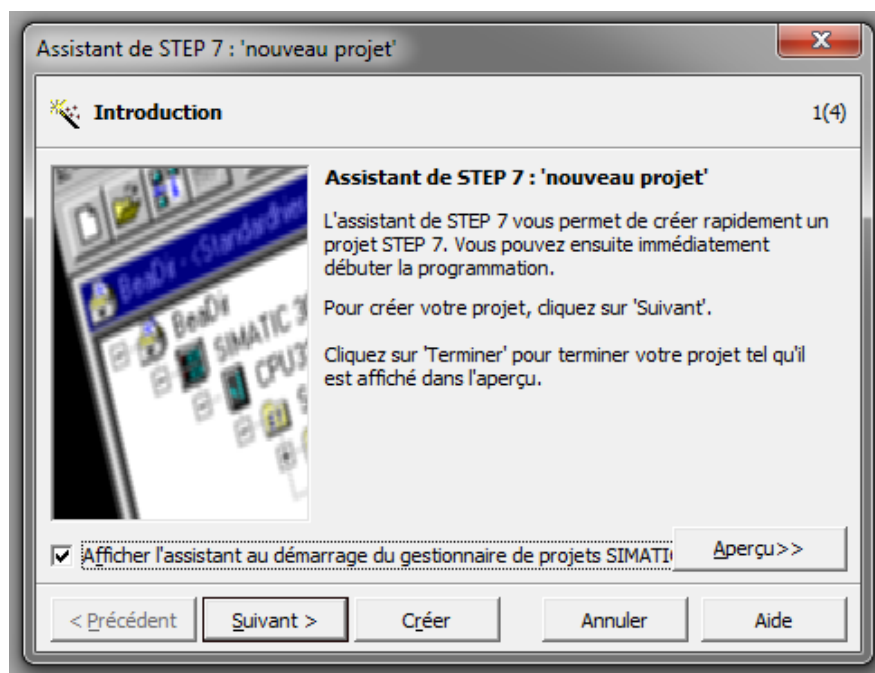


figure III.4 : Page de démarrage assistant de STEP7.

Etape2: Il faut choisir la CPU utilisée pour le projet, la liste contient normalement toutes les CPU supportées par la version de STEP7 utilisée, dans le champ « nom de la CPU » il faut donner un nom à la CPU cela peut s'avérer utile dans le cas où l'on utilise plusieurs CPU dans un même projet, il faut aussi choisir une adresse MPI pour la CPU, si l'on utilise une seule CPU la valeur par défaut est 2. (Figure III.5)

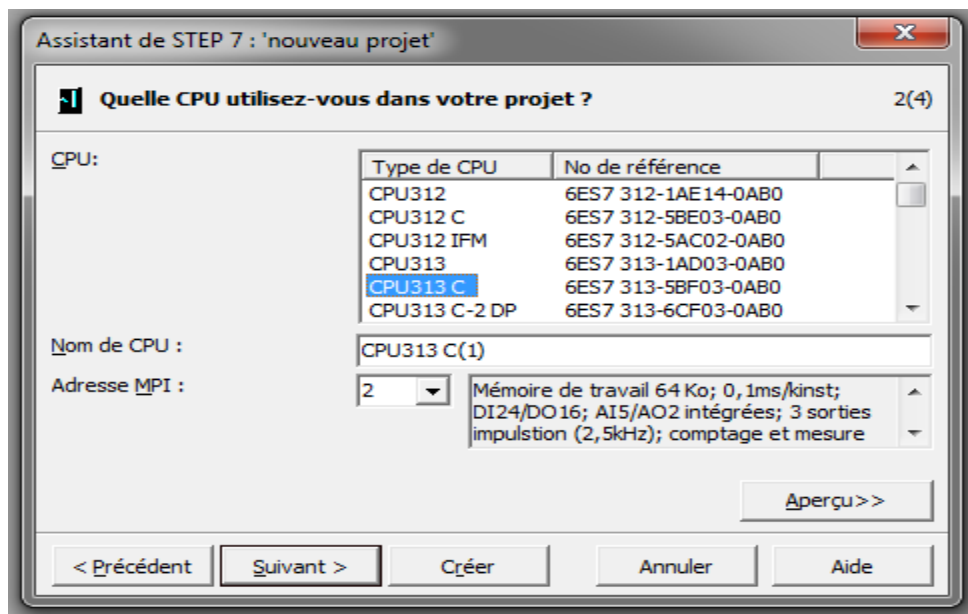


figure III. 5: Choix de CPU.

Etape3 : Dans cet écran on insère des blocs organisationnels dont OBI qui permet de gérer tout le programme dans la CPU; on doit aussi choisir un langage de programmation parmi les trois proposés (LIST, CONT ou LOG). (Figure III.6)

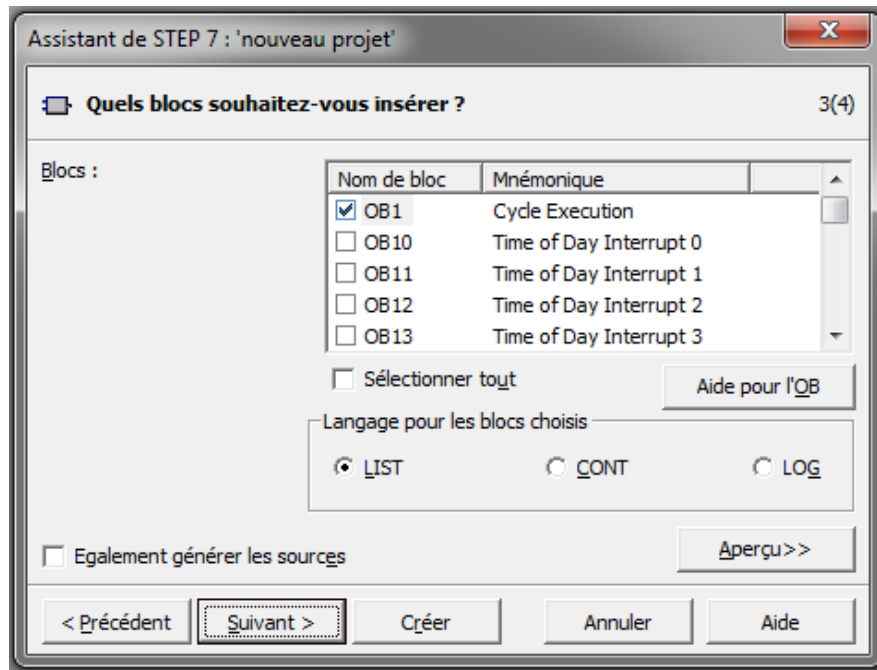


figure III. 6 : Sélection du langage et des blocs.

- ✚ **Etape4 :** On nomme le projet et on clique sur Créer. Le projet est maintenant créé, on peut visualiser une arborescence à gauche de la fenêtre qui s'est ouverte. (Figure III.7)

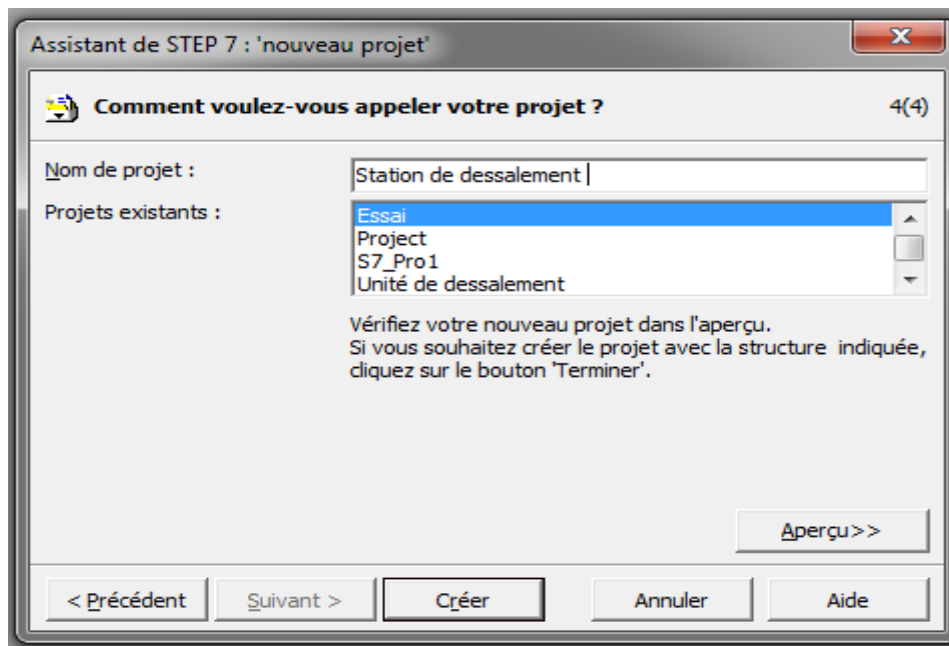


Figure III. 7 : Affectation d'un nom au programme.

Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement

b. Création d'un nouveau projet sans l'assistant de création de projet

Cette méthode est un peu plus compliquée, mais permet de mieux gérer le projet. Dans la fenêtre SIMATIC Manager, cliquer sur fichier >Nouveau, une fenêtre demandant un nom de projet s'ouvre. Il faut donc donner un nom au projet puis valider par **ok**. (Figure III.8)

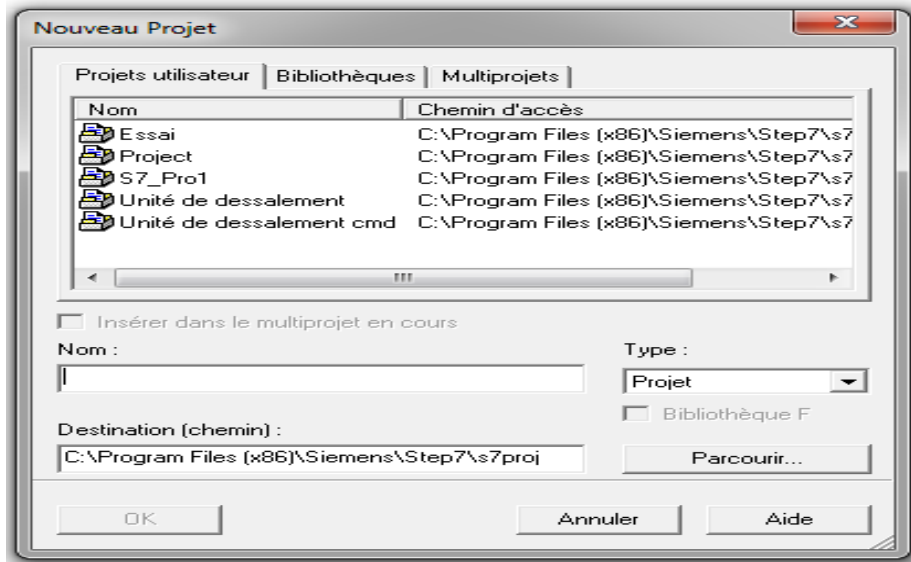


figure III. 8 : Création d'un nouveau projet.

La fenêtre du projet s'ouvre. Le projet est vide il faut lui insérer une station SIMATIC, cela est possible en cliquant sur le projet avec le bouton droit puis insérer un nouveau objet > Station SIMATIC 300. (Figure III.9)

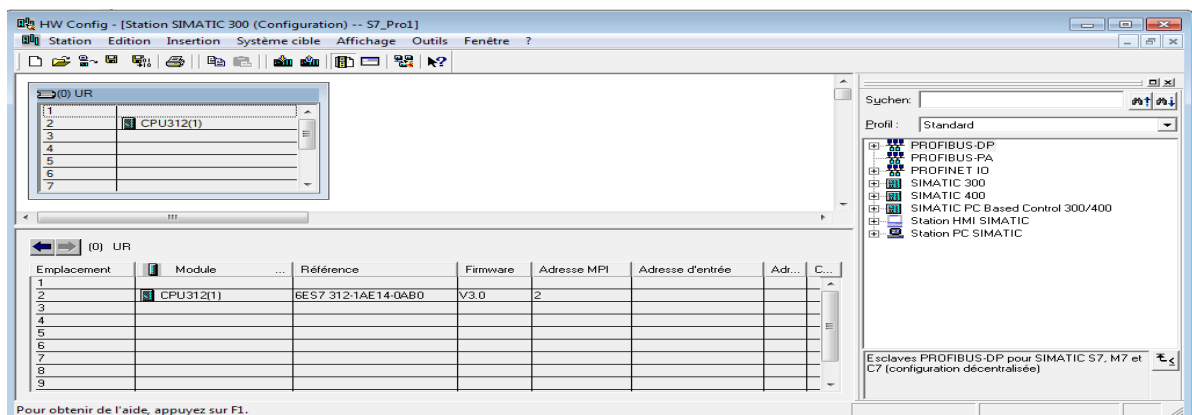


Figure III. 9: Création d'une station.

La station SIMATIC n'est pas toujours configurée, il faut passer à l'étape de configuration matérielle.

Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement

III.B.3.3.2. Configuration matérielle (Partie Hardware)

C'est une étape importante, qui correspond à l'agencement des châssis, des modules et de la périphérie décentralisée. Elle peut être réalisée en procédant de la manière suivante :

- Cliquez sur la station. Elle contient l'objet « matériel »

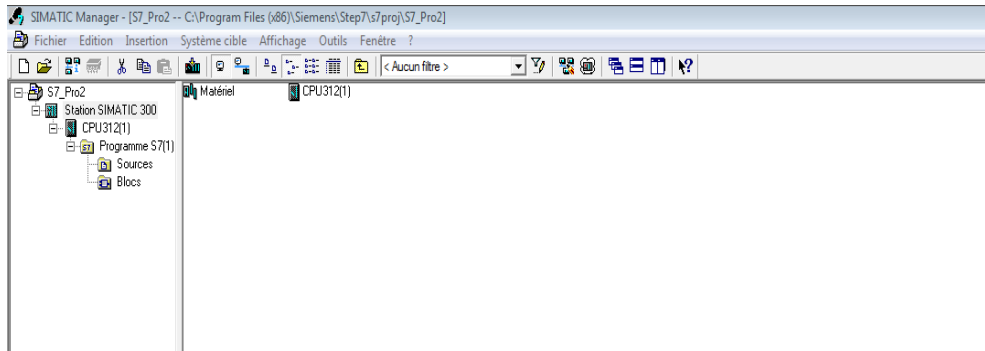


Figure III. 10 : Les composantes de la station.

- Ouvrez l'objet « matériel ». La fenêtre HW Config Configuration matérielle s'ouvre ;
- Etablissez la configuration de la station dans la fenêtre « configuration matérielle »

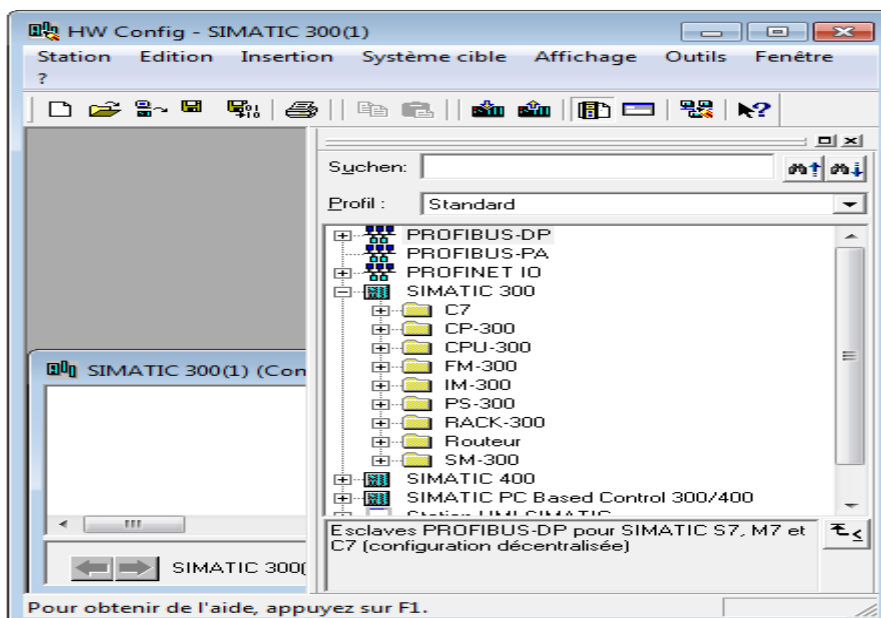


Figure III. 11 : Catalogue de matériel.

Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement

On dispose à cet effet d'un catalogue de module que nous pouvons afficher, s'il n'est pas déjà, par la commande Affichage>Catalogue. Les modules sont fournis avec des paramètres définis par défaut en usine.

Le choix du matériel SIMATIC S300 avec une CPU314 nous conduit à introduire la hiérarchie suivante :

On commence par le choix du châssis selon la station choisie auparavant, Pour la station SIMATIC, on aura le châssis « RACK-300 » qui comprend un rail profilé.

Sur ce profile, l'alimentation préalablement sélectionnée se trouve dans l'emplacement N°1. Parmi celles proposées, notre choix s'est porte sur la 'PS-307 10A'. La « CPU 314C-2 DP » est impérativement mise à l'emplacement N°2.

L'emplacement N°3 est réservé comme adresse logique pour un coupleur dans une configuration multi-châssis.

A partir de l'emplacement N° 4, il est possible de choisir jusqu'a 8 modules de signaux (SM), processeurs de communication (CP) ou modules fonctionnels (FM).

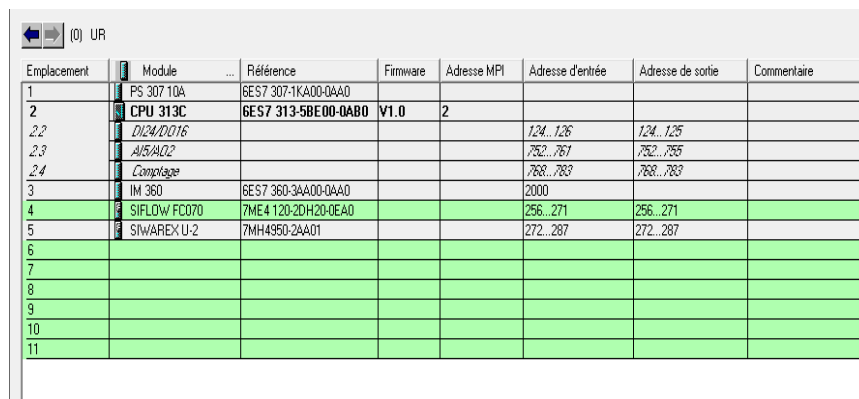
Pour notre configuration matérielle, on a choisi :

- modules d'entrées TOR avec 16 voies SM321 DI16 DC 24V.
- modules de sorties TOR avec 16 voies SM322 D016 DC 24V.
- modules d'entrée analogique SM 324, AI 4x8/8 bits.
- modules de sortie analogique SM324, AO 2x 8/8 bits.
- Module IM 360 S
- RACK
- La CPU qu'on a choisi et le CPU314, elle a pour caractéristique :
 - Mémoire de travail 128 Ko.
 - Vitesse 0.06 ms/kinst.
 - Port MPI.
 - Configuration multirangée jusqu'à 32 module.
 - Communication S7 (FB/FC chargeables).
 - Firmware V3.0.
 - 64 compteurs, 128 temporisateurs, 2048 mémentos.
- Module d'alimentation PS 307 10A :

Le S7-300, utilisé dans notre travail, nécessite une tension d'alimentation de 24 V cc, le module d'alimentation assure cette exigence en convertissant la tension secteur 120/220 V en

Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement

tension de 24 V cc (10A). Ce choix est justifié par le nombre des E/S que possède la station, ainsi que l'alimentation ancienne des différents contacteurs.



Emplacement	Module	Référence	Firmware	Adresse MPI	Adresse d'entrée	Adresse de sortie	Commentaire
1	PS 307 10A	6ES7 307-1EA00-0AA0					
2	CPU 313C	6ES7 313-5BE00-0AB0	V1.0	2			
2.2	D124/D016				124...126	124...126	
2.3	A15/A02				782...787	782...785	
2.4	Comptage				788...789	788...789	
3	IM 360	6ES7 360-3AA00-0AA0			2000		
4	SIFLOW FC070	7ME4 120-2DH20-0EA0			256...271	256...271	
5	SIWAREX U-2	7MH4950-2AA01			272...287	272...287	
6							
7							
8							
9							
10							
11							

Figure III. 12 : Configuration de matériels.

Après cela il ne nous reste qu'à enregistrer et compiler. La configuration matérielle étant terminée, un dossier « Programme S7 » est automatiquement insérer dans le projet, comme indique dans la figure suivante.

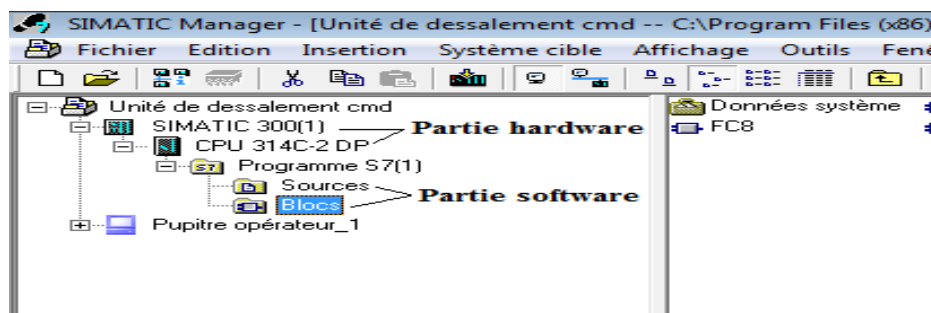


Figure III. 13 : Hiérarchie d'un projet STEP7.

III.B.3.3.3. Création de la table des mnémoniques (Partie Software) :

Pour améliorer la lisibilité et la clarté de notre programme, nous avons utilisé des mnémoniques à la place des adresses absolues. Pour cela nous avons créé une table de mnémoniques dans laquelle nous avons défini pour chaque opérande utilisée un nom d'adresse absolue, le type de données ainsi qu'un commentaire. Les mnémoniques ainsi définies pourront être utilisées dans l'ensemble du programme.

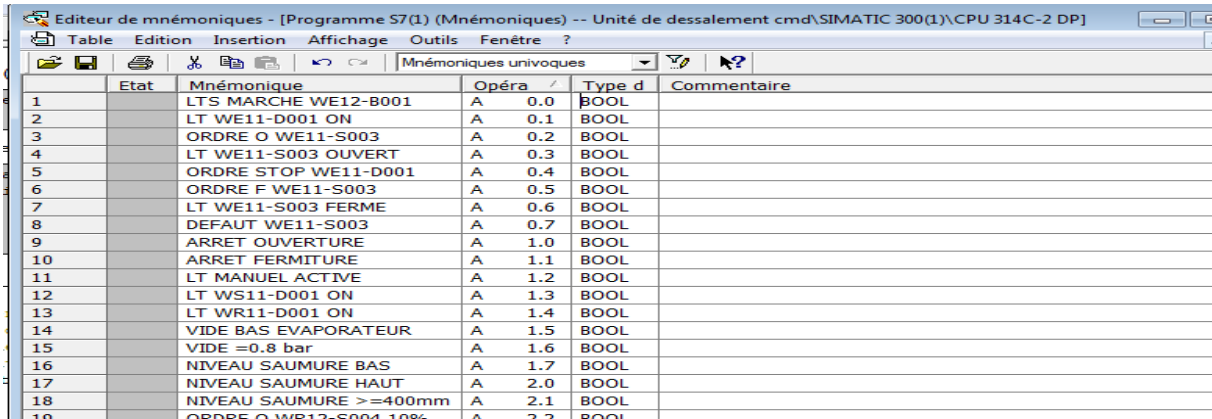
Pour créer cette table, on suit le cheminement suivant :

Insérer nouvel objet > table des mnémoniques

On édite la table des mnémoniques en respectant notre cahier de charges, pour les entrées et les sorties.

Le tableau suivant représente la table des mnémoniques qu'on a utilisées dans notre programme :

Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement



Etat	Mnémonique	Opéra	Type d	Commentaire
1	LTS MARCHE WE12-B001	A 0.0	BOOL	
2	LT WE11-D001 ON	A 0.1	BOOL	
3	ORDRE O WE11-S003	A 0.2	BOOL	
4	LT WE11-S003 OUVERT	A 0.3	BOOL	
5	ORDRE STOP WE11-D001	A 0.4	BOOL	
6	ORDRE F WE11-S003	A 0.5	BOOL	
7	LT WE11-S003 FERME	A 0.6	BOOL	
8	DEFAULT WE11-S003	A 0.7	BOOL	
9	ARRET OUVERTURE	A 1.0	BOOL	
10	ARRET FERMITURE	A 1.1	BOOL	
11	LT MANUEL ACTIVE	A 1.2	BOOL	
12	LT WS11-D001 ON	A 1.3	BOOL	
13	LT WR11-D001 ON	A 1.4	BOOL	
14	VIDE BAS EVAPORATEUR	A 1.5	BOOL	
15	VIDE =0.8 bar	A 1.6	BOOL	
16	NIVEAU SAUMURE BAS	A 1.7	BOOL	
17	NIVEAU SAUMURE HAUT	A 2.0	BOOL	
18	NIVEAU SAUMURE >=400mm	A 2.1	BOOL	
19	ORDRE O WE12-S004 10%	A 2.2	BOOL	



Figure III. 14 : Table mnémoniques relatives au poste de relèvement.

III.B..3.3.4. Création du programme (Partie Software) :

Le programme de commande de fonctionnement est élaboré en langage de programmation LADDER qui est le plus exploité en industrie.

III.B..3.3.5. La simulation du programme :

Après avoir élaboré le programme de fonctionnement de la STEP sous STEP7, l'étape suivante est la vérification du bon fonctionnement avant le chargement dans l'API. Cette opération est réalisée avec logiciel S7-PLCSIM de simulation.

- ✓ Activer la simulation en cliquant sur l'icône 
- ✓ Charger le programme dans la CPU de simulation en cliquant sur l'icône de chargement 
- ✓ Configure la simulation:
 - Créer une fenêtre permettant l'accéder aux variables d'entrées du programme de fonctionnement.

La valeur par défaut est EBO (octet d'entrée 0), pour valider appuyer sur entrée, sachant qu'on peut modifier le nombre d'octets EBO.

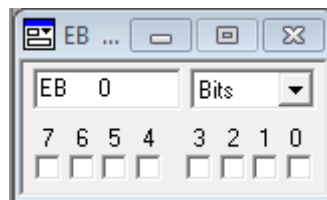


Figure III.15 : Fenêtre pour accéder aux variables d'entres.

- Créer la fenêtre permettant d'accéder aux variables de sorties intervenant dans le programme.

Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement

La valeur par défaut est AB0 (octet de sortie 0), pour valider appuyer sur entrée, sachant qu'on peut modifier le nombre d'octets AB0.

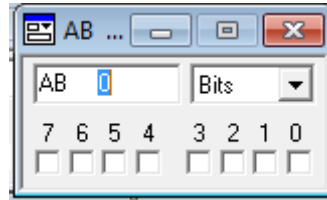


Figure III. 16 : Fenêtre pour accéder aux variables de sorties.

- Créer une fenêtre pour les temporisations intervenant dans le programme de fonctionnement.

La valeur par défaut est T0, pour valider appuyer sur entrée sachant qu'on peut modifier le nombre d'octets T0.

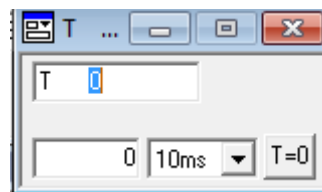


Figure III. 17 : Réglage de temporisation.

- Créer une fenêtre pour les mémentos intervenant dans le programme de fonctionnement.

La valeur par défaut est MB0, pour valider appuyer sur entrée, sachant qu'on peut modifier le nombre d'octets MB0.

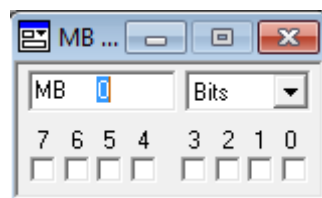


Figure III. 18 : Fenêtre pour mémentos.

Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement

- Choisir dans le menu le type de CPU dans S7-PLCSIM et vérifier que la mise sous tension est faite. On choisit la commande mode d'exécution, cycle continu et on vérifie que le cycle continu est sélectionné.
- Mettre la CPU de la simulation en marche en cliquant sur l'une des cases à cocher RUN ou RUN-P

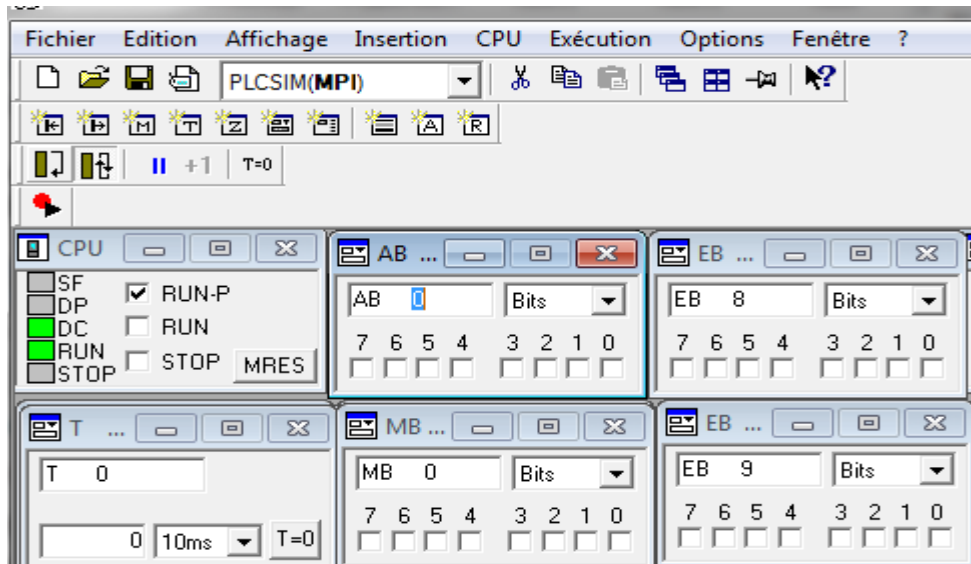


Figure III. 19 : Fenêtre pour la mise en marche de la simulation.

Une fois que toutes les fenêtres (entrées, sorties, temporisations et mémentos) sont prêtes la simulation commence.

On active les contacteurs, les capteurs et les transmetteurs suivant le déroulement de notre programme utilisateur pour tester le bon fonctionnement ou bien la marche de notre équipement avant d'adapter l'API.

- ✓ La visualisation du programme avec simulation

Après avoir chargé le programme utilisateur dans la CPU du simulateur et activé RUN ou RUN-P, le logiciel nous permet de visualiser l'état du programme, et les états des variables d'entrées/sorties comme indiqué ci-dessus.

Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement

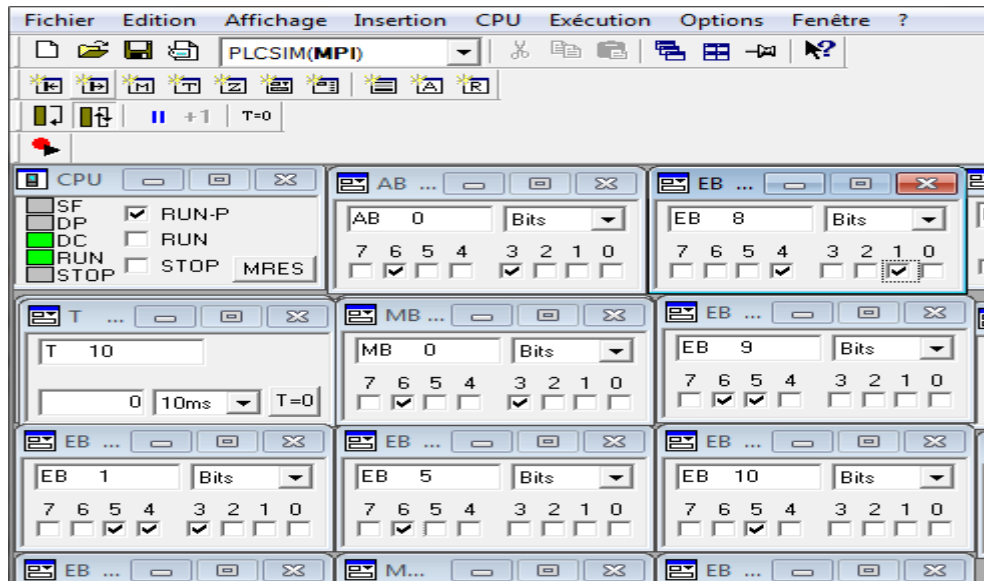


Figure III. 20 : Visualisation de programme.

La CPU exécute le programme en lisant les entrées, traitant le programme, puis en actualisant les sorties. Par défaut, on ne peut pas charger de programme ni modifier des paramètres avec STEP 7 quand la CPU est en RUN. A chaque modification saisie dans une fenêtre secondaire, le contenu de l'adresse concernée est immédiatement mis à jour dans la mémoire. La CPU n'attend pas la fin ou le début du cycle pour actualiser une donnée modifiée.

Choissant la commande STOP, la CPU n'exécute pas le programme. Quand l'état de fonctionnement passe de STOP à RUN, l'exécution du programme reprend à la première instruction.

Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement

III.B.4. Le programme de démarrage :

III.B.4.1. Table des mnémoniques :

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	allumage bruleur	A 22.4	BOOL	
	arrêt d'urgence	E 1.0	BOOL	
	complète service	A 25.4	BOOL	
	coup fermé	E 7.7	BOOL	
	coup ouvert	E 7.6	BOOL	
	coupl à l'ouverture	E 8.6	BOOL	
	coupl à la fermeture	E 8.7	BOOL	
	couple à l'ouverture	E 6.6	BOOL	
	couple à la fermeture	E 6.7	BOOL	
	couple ferm	E 0.7	BOOL	
	couple fermé	E 5.7	BOOL	
	couple ouv	E 0.3	BOOL	
	couple ouvert	E 5.6	BOOL	
	Cycle Execution	OB 1	OB 1	
	DCY	E 0.0	BOOL	
	déblocage bruleur	M 22.2	BOOL	
	déf MCC	E 5.1	BOOL	
	défa MCC	E 7.1	BOOL	
	défau MCC	E 8.1	BOOL	
	défaut bruleur	M 22.4	BOOL	
	défaut MCC	E 6.1	BOOL	
	défaut MCC	E 0.2	BOOL	
	défaut WE11D001	M 16.4	BOOL	
	défaut WE11S003	M 0.5	BOOL	
	défaut WE14S002	M 4.5	BOOL	
	défaut WE15D001	M 9.4	BOOL	
	défaut WE15D002	M 15.4	BOOL	
	défaut WE19S001	M 3.5	BOOL	
	défaut WF11D001	M 18.4	BOOL	
	défaut WF12S003	M 5.5	BOOL	
	défaut WH11D001	M 21.4	BOOL	
	défaut WJ11D001	M 19.4	BOOL	
	défaut WJ12S004	M 6.5	BOOL	
	défaut WJ12S005	M 8.5	BOOL	
	défaut WP10D001	M 10.4	BOOL	
	défaut WP12D001	M 13.4	BOOL	
	défaut WR11D001	M 17.4	BOOL	
	défaut WR12S004	M 7.5	BOOL	
	défaut WR15S001	M 2.5	BOOL	
	défaut WS11D001	M 20.4	BOOL	
	entree capteur	MW 6	WORD	
	mesure WH13T003	A 25.0	BOOL	
	pret au dép	M 25.0	BOOL	
	prot sonde à thermistanc	E 5.0	BOOL	
	protec magnét	E 0.6	BOOL	
	protec therm	E 0.5	BOOL	

Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	SCALE	FC 105	FC 105	Scaling Values
	sonde thermistance	E 8.0	BOOL	
	sonde a thermistance	E 6.0	BOOL	
	sonde à thermistance	E 0.1	BOOL	
	sonde thermistance	E 7.0	BOOL	
	T ouv WE11S003	T 1	TIMER	
	temps de lavage	T 6	TIMER	
	temps ouv WJ12S004	T 4	TIMER	
	temps ouv WR12S004	T 3	TIMER	
	temps ouvert WF12S003	T 2	TIMER	
	WE11A001 AH	E 23.1	BOOL	
	WE11D001 arret	E 16.2	BOOL	
	WE11D001 marche	A 16.4	BOOL	
	WE11S003 fermé	E 0.4	BOOL	
	WE11S003 ouvert	A 0.4	BOOL	
	WE12B001 arret	E 12.2	BOOL	
	WE12B001 marche	A 12.4	BOOL	
	WE12P004 AH	E 23.0	BOOL	
	WE14S002 fermé	E 4.4	BOOL	
	WE14S002 ouvert	A 4.4	BOOL	
	WE15D001 marche	A 9.4	BOOL	
	WE15D002 marche	A 15.4	BOOL	
	WE19S001 fermé	E 3.4	BOOL	
	WE19S001 ouvert	A 3.4	BOOL	
	WF11D001 arret	E 18.2	BOOL	
	WF11D001 marche	A 18.4	BOOL	
	WF12S003 fermé	E 5.4	BOOL	
	WF12S003 ouvert	A 5.4	BOOL	
	WG11L018> AL	A 23.2	BOOL	
	WG11L019 > AL	A 24.2	BOOL	
	WG11P002> AL	A 23.3	BOOL	
	WH11D001 arret	E 21.2	BOOL	
	WH11D001 marche	A 21.4	BOOL	
	WH13P001 AL	E 27.1	BOOL	
	WH13T001 AHH	E 27.3	BOOL	
	WH16L001 AL	E 28.1	BOOL	
	WJ11D001 arret	E 19.2	BOOL	
	WJ11D001 marche	A 19.4	BOOL	
	WJ12A001 < AH	A 25.3	BOOL	
	WJ12A001 > AH	A 25.2	BOOL	
	WJ12S004 fermé	E 6.4	BOOL	
	WJ12S004 ouvert	A 6.4	BOOL	
	WJ12S005 CFC ouvert	E 8.2	BOOL	
	WJ12S005 fermé	A 8.5	BOOL	
	WJ12S005 ouvert	A 8.4	BOOL	
	WL11D001 arret	E 22.2	BOOL	
	WP10D001 marche	A 10.4	BOOL	
	WP11D001 arret	E 10.2	BOOL	
	WP11L002 AL	A 23.4	BOOL	
	WP12D001 arret	E 13.2	BOOL	
	WP12D001 marche	A 13.4	BOOL	
	WP13D001 arret	E 14.2	BOOL	
	WP15D001 arret	E 9.2	BOOL	
	WP15D002 arret	E 15.2	BOOL	
	WP15L002 AL	E 28.0	BOOL	

Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	WR11D001 arret	E 17.2	BOOL	
	WR11D001 marche	A 17.4	BOOL	
	WR12S004 fermé	E 7.4	BOOL	
	WR12S004 ouvert	A 7.4	BOOL	
	WR15S001 fermé	E 2.4	BOOL	
	WR15S001 ouvert	A 2.4	BOOL	
	WS11D001 arret	E 20.2	BOOL	
	WS11D001 marche	A 20.4	BOOL	
	WY11S001 fermé	E 1.4	BOOL	
	WY11S001 ouvert	A 1.4	BOOL	

Tableau III. 5 : Table des mnémoniques.

III.B.4.2. Le programme :

```
SIMATIC                               S7_Pro1\Station                       10/09/2017 11:24:18
SIMATIC 300\CPU312(1)\...\OB1 - <offline>
```

OB1 - <offline>

"Cycle Execution"

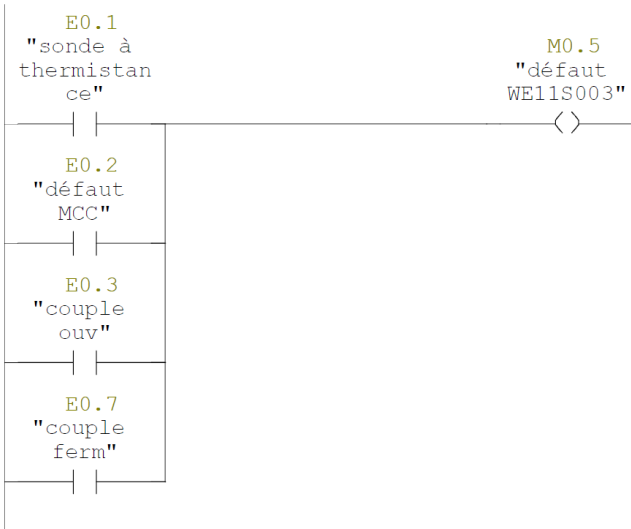
```
Nom :                               Famille :
Auteur :                             Version : 0.1
                                       Version de bloc : 2
Horodatage Code :                   08/09/2017 21:30:33
                                       Interface : 15/02/1996 16:51:12
Longueur (bloc/code /données locales) : 00948 00756 00030
```

Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
TEMP		0.0	
OB1_EV_CLASS	Byte	0.0	Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
OB1_SCAN_1	Byte	1.0	1 (Cold restart scan 1 of OB 1), 3 (Scan 2-n of OB 1)
OB1_PRIORITY	Byte	2.0	Priority of OB Execution
OB1_OB_NUMBR	Byte	3.0	1 (Organization block 1, OB1)
OB1_RESERVED_1	Byte	4.0	Reserved for system
OB1_RESERVED_2	Byte	5.0	Reserved for system
OB1_PREV_CYCLE	Int	6.0	Cycle time of previous OB1 scan (milliseconds)
OB1_MIN_CYCLE	Int	8.0	Minimum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_MAX_CYCLE	Int	10.0	Maximum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_DATE_TIME	Date_And_Time	12.0	Date and time OB1 started

Bloc : OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"

Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement

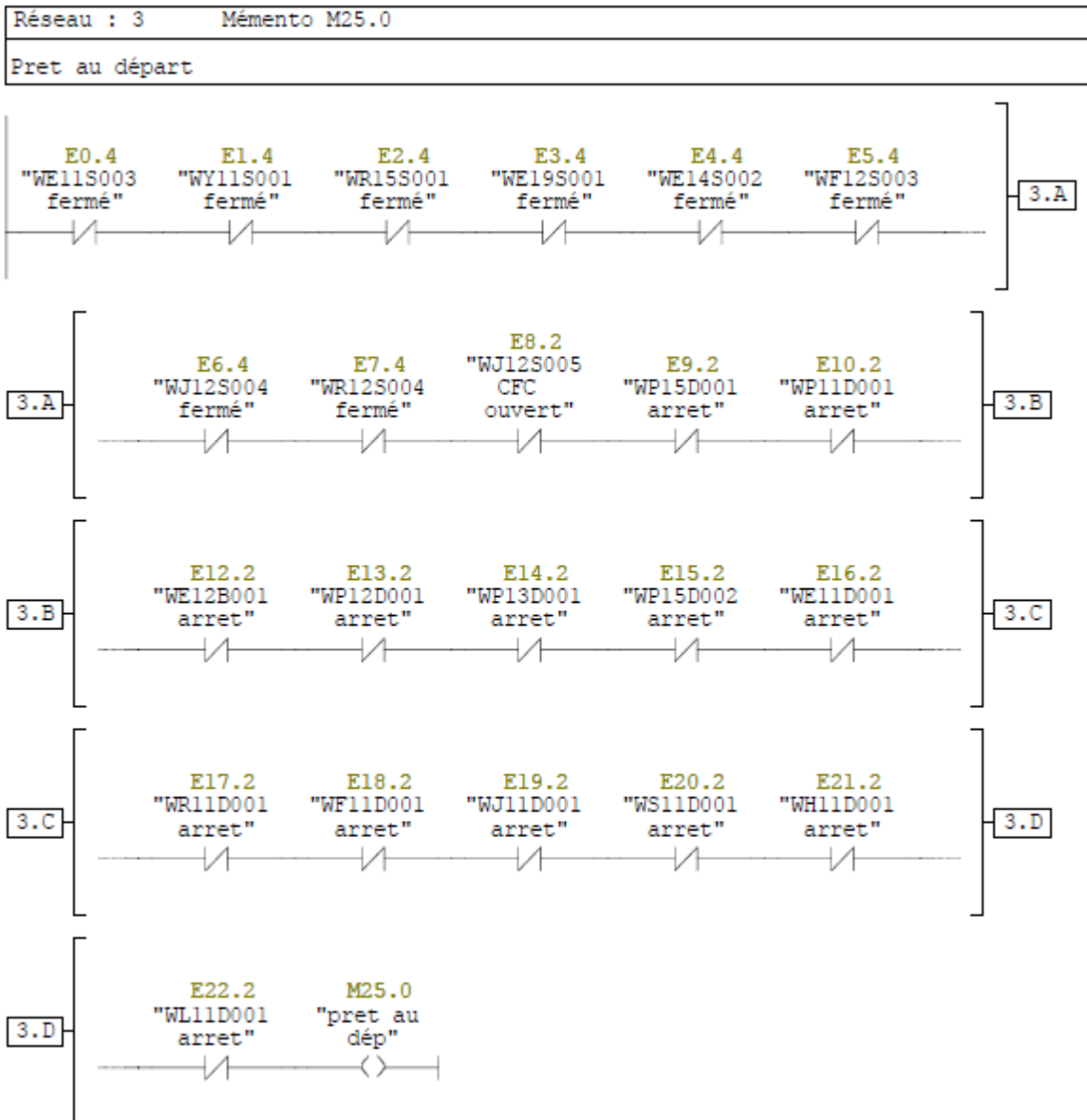
Réseau : 1 Memento M0.5



Réseau : 2 Memento M16.4

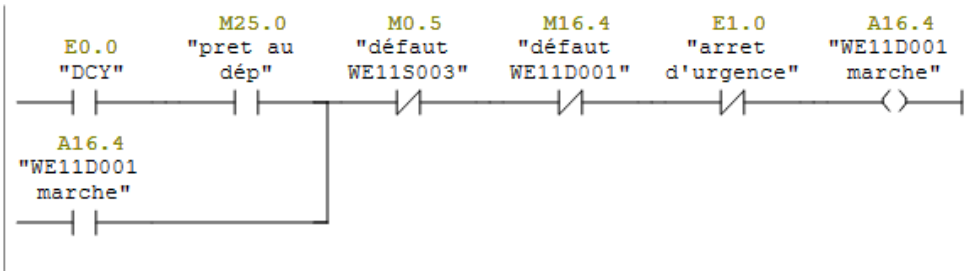


Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement



Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement

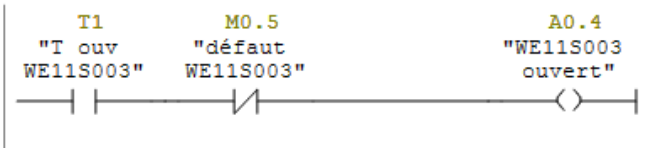
Réseau : 4 Démarrage pompe WE11D001



Réseau : 5 temporisation d'ouverture clapet WE11S003



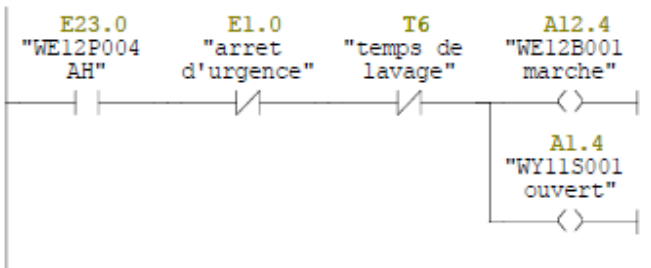
Réseau : 6 Ouverture WE11S003



Réseau : 7 temps de lavage

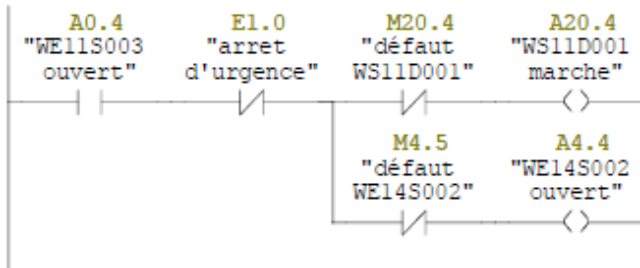


Réseau : 8 démarrage filtre auto-nettoyant

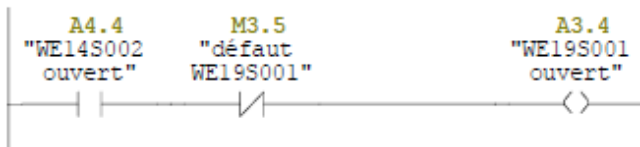


Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement

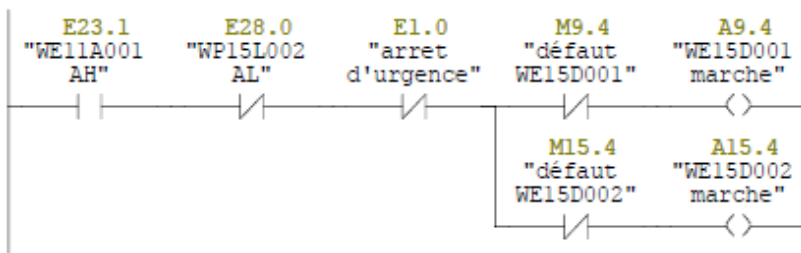
Réseau : 9 démarrage pompe de création du vide



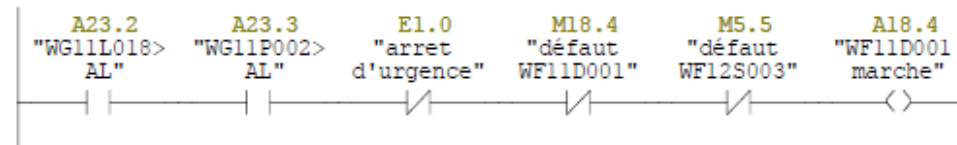
Réseau : 10 ouverture du clapet d'appoint évaporateur



Réseau : 11 démarrage pompe de bisulfite de sodium



Réseau : 12 démarrage pompe de rejet de saumure

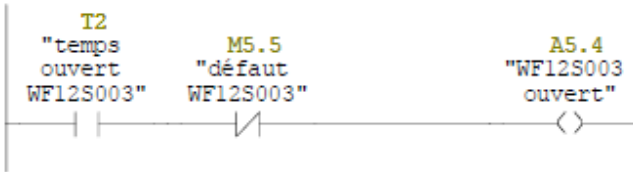


Réseau : 13 temporisation d'ouverture clapet WF12S003

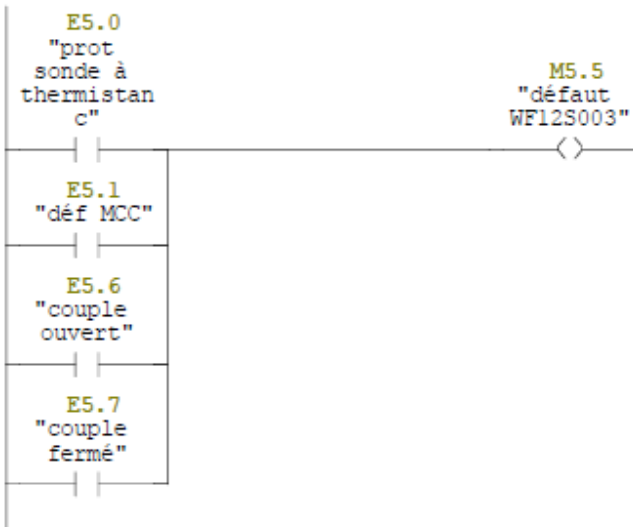


Chapitre III : Architecture des automates programmables et programme de démarrage de la station de dessalement

Réseau : 14 ouverture clapet WF12S003



Réseau : 15 memento M5.5



III.B.5. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons vu la description modulaire d'un automate programmable et son architecture interne. Par la suite, on a focalisé notre étude sur l'automate S7-300 en mettant en avant ses caractéristiques techniques ainsi que la présentation du logiciel STEP7, pour une meilleure exploitation pendant sa programmation.

Dans ce chapitre nous avons vu la modélisation de notre procédé de commande à l'aide d'un GRAFCET.

Ce dernier sert à identifier les fonctions nécessaires au bon fonctionnement de l'automatisme, de conduite des unités de dessalement ainsi que les variables d'entrée et sortie de l'automate.

Nous avons également présenté un aperçu sur l'utilisation du logiciel STEP7, la création du projet, la création du programme utilisateur et la configuration matérielle.

Nous avons présenté aussi le logiciel S7-PLCSIM qui est un outil indispensable à la simulation des programmes et des concepts de commande automatisée.

Grâce à ce logiciel de simulation, nous avons pu détecter ainsi que corriger les erreurs commises, apporter les modifications sur le programme utilisateur avec une grande facilité et visualiser le comportement des sorties de notre processus.

L'élaboration de cette présente thèse nous a permis d'approfondir et d'enrichir nos connaissances sur la production de l'énergie électrique ; les centrales électriques et leur principes de fonction ainsi que le procédé de dessalement.

Aussi L'étude des automates programmables, en éclairant certaines idées et points sombres qui nous semblaient compliqués.

L'utilisation du grafcet comme outil de modélisation, méthode d'analyse et de synthèse fiable, nous a aidés à l'élaboration d'un programme utilisateur destiné pour la commande des unités de dessalement.

Nous avons constaté que les visites effectuées au sein de l'entreprise (Centrale thermique RAS-DJINET) ont un grand apport en termes d'informations et de connaissances pratique reçues sur le terrain.

Pendant ce stage, nous avons pu avoir une transition dans le domaine du travail. C'est dans cet environnement de diversité technologique des différentes installations que nous avons élaboré ce travail basé sur l'étude du fonctionnement et l'automatisation, profitant ainsi de l'expérience des travailleurs de l'entreprise pour mieux comprendre les procédés industriels.

Nous pouvons citer également des perspectives relia à notre étude pour les procédés de dessalement une nouvelles technique est en phase d'exploration :Osmose inverse ,en ce qui concerne l'automatisation à relia les automates des quatre unités de dessalement via un réseau PROFIBUS pour entrer dans une nouvelle technique de commande dite contrôle commande.

Enfin, nous espérait que ce travail puisse apporter un plus et constituera un support supplémentaire aux promotions à venir et aux techniciens exploitants de la centrale thermique de RAS-DJINET.

❖ Sites web :

[1] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Centrales électriques](http://fr.wikipedia.org/wiki/Centrales_électriques).

[2] [http://fr.wikipedia.org/wiki/ Différentes de centrales](http://fr.wikipedia.org/wiki/Différentes_de_centrales).

[3] <https://www.ingenieurs.com/documents/cours/dessalement-de-leau-de-mer-128.php>
. source: Philippe Bandelier.

[4] « Dessalement de l'eau de mer : bilan des dernières avancées technologiques ; bilan économique ; analyse critique en fonction des contextes » . Farid TATA-DUCRU. comptecb@orange.fr janvier 2009.

[5] Les perspectives du dessalement d'eau de mer. <http://www.wikiwater.fr>. Date de mise en ligne : mercredi 8 février 2012.

❖ Ouvrages et mémoires :

[6] Documentation interne de CAP-DJINET.

[7] SAOU RIADE , « commende par automate programmable S5-110s de l'unité de dessalement de CAP-DJINET » . universités M' HAMED BOUGARA BOUMERDES 2009-2010.

[8] Bossy,P, Brard, P. Faugere et C. Merlaud « Le GRAFCET » Edition EDUCALIVRE.

[9] D. Dupont et D. Dubois « S8032-Réalisation technologique du GRAFCET » Technique de l'ingénieur.

[10] J-M.BLEUX-J-L.FANCHON « Automatismes industriels » . Edition Nathan 1996.

[11] Documentations techniques des constructeurs de la centrale (Siemens Autriche, Siemens KWU Allemagne, SGP Autriche.....).

[12] :KWU , service de formation professionnelle , circuit de dessalement d'eau de mer N°d'enregistrement5515.

[13] :JEN- PIERRE -MÉRIQ « Approche intégrée du dessalement d'eau de mer», thèse de Doctorat ,université de Toulouse , Décembre 2009.

[14] : George Asch .les capteurs en instrumentation industrielle –7édition Broché 2010.

[15] :KWU , service de formation professionnelle , circuit eau vapeur dessalement d'eau de mer N°d'enregistrement 5512.

[16] « G .MICHEL » Les API , architecture et application des automates programmables industriels .Edition 1988 .DUNOD.

[17] K.LAMRANI et R.CHOUIDER, conception et réalisation d'un programme de démarrage de l'excitatrice d'alternateur à base d'un automate programmable industriel S7-300.

[18] SIEMENS .SIMATIC S7-SCL V5.3 pour S7-300/4006Manuel.

[19] Thèse ING ELN 39 2007 « UMMTO» Automatisation de production d'hydrogène de centrale thermique RAS-Djinet par un automate programmable S7-300.

[20] SIEMENS, « Gettingstarted »,SIMATIC,2008.

[21] C.T .JONES , « STEP in STEP7»,first edition ,apractical guid to implementing S7-300 /S7-400 PROGRAMMATION CONTROLLER et validation en line par systems SCADA ,these Magister ,2014.

Annexes :

Chapitre II:

Caractéristiques	Unité	Zone de récupération de chaleur	Zone de dissipation de chaleur
Liquide		Saumure	Eau de mer
Débit	t/h	239	239
Température d'entrée	°C	27.4	20
Température de sortie	°C	75.4	27.51
Réchauffement total	°C	48	7.51
Réchauffement moyen /étage	°C	3.2	2.5
Confession global de change	W/m ² . °C	3467/2396	2867/1898
Facteur d'encrassement	W/m ² . °C	0.000129	0.000178
Echange moyen de chaleur	kW	826	663
Surface d'échange	m ²	72.25	72.25
Vitesse moyen dans le tube	m/s	1.55	1.55
Taux de salinité	mg/l	60	39.4
Perte total de pression	m	32.7	7.1

Tableau II. 1 : Caractéristiques de l'évaporateur.

Caractéristiques	Unité	
Produit		Eau chaude
Débit	t/h	270
Pression de service	bar	4
Température de service	°C	95
Pression de chaufferie	mbar	4.8
Température des gaz d'échappement	°C	230
Consommation de combustible	Kg/h	202
Température d'air	°C	50
Puissance calorifique	MW	1.98
Température d'eau d'alimentation	°C	88
Amenée de chaleur	MW	2.41
Rendement	%	85
Volume de chaufferie	m ³	2.3
Surface de chauffe	m ²	55
Contre pression de gaz d'échappement	mbar	4.8
Pression d'air	bar	1

Tableau II. 2 : Caractéristiques de la chaudière.

Caractéristiques	Unité	Coté tubes	Coté enveloppe
Milieu		Saumure	Eau chaudière
Débit	m ³ /h	239	270
Vitesse moyen	t/h	1.52	-
Chut de pression	m	2.19	-
Température entré/sortie	°C	75.4/83	95/88
Coefficient global d'échange	W/ m ² .K	3797/1902	-
Facteur d'encrassement	m ² .k/W	0.000263	-
Surface de chauffe	m ²	88	-
Echange de chaleurs	W	1.98 x 10 ³	-
Pression	bar	0-9	5
Température	°C	110	110

Tableau II. 3 : Caractéristiques du réchauffeur final.

Pompes	Unité	Recirculation de saumure	Saumure	Distillat	Transfer d'eau de mer	Circulation d'eau de chaudière
Débit	m ³ /h	258	36	25	289	280
Le rendement	%	67	66	48	70	80
Puissance sur l'arbre de la pompe	kW	65.8	2.75	4.2	44.8	8.1
Hauteur de refoulement	m	61	18	33	39	8.8
Valeur de NPSH de la pompe	m	1.9	1.2	1.4	3.7	2.8
Vitesse de rotation	t/min	1450	1450	2900	1450	1450
Moteur						
Puissance nominal	kW	75	4	5.5	55	11
Rendement	%	94.2	83	85	93.5	88
Tension de fonctionnement	V	380	380	380	380	380

Tableau II. 4 : Caractéristiques des pompes de circulation.

Pompe	Unité	Pour Belgard	Pour Bisulfite de sodium	Agitateur
Débit	m ³ /h	Max 0.0024	Max 0.0051	-
Puissance sur l'arbre de la pompe	kW	0.25	0.25	-
Hauteur de refoulement	m	460	460	-
Vitesse de rotation	t/min	1500	1500	1500
Moteur				
Puissance nominale	kW	0.25	0.25	0.25
Le rendement	%	60	66	60
Tension de fonctionnement	V	220-380	220-380	220-380

Tableau II. 5 : Caractéristiques des pompes doseuses.

Régulateur	Organe de réglage	Grandeur réglée
WE19 C001	WE19 S001	- Le débit d'eau d'alimentation
WE14 C001	WE14 S002	- La pression de la chambre 18 - La température d'eau de mer chaude
WR12 C001	WR12 S004	- La conductivité de la saumure - Indication de la température de la saumure à l'entrée de l'étage 15
WR12 C001	WR15 S001	- Débit de circulation de saumure
WH12 C001	WL11 S001	- Température d'eau chaude
WG11 C019	WJ12 S004	- Niveau de distillat dans la chambre 18 de l'évaporateur
WG11 C018	WF12 S003	- Niveau de saumure dans la chambre 18 de l'évaporateur

Tableau II. 6 : les différents régulateurs utilisés.

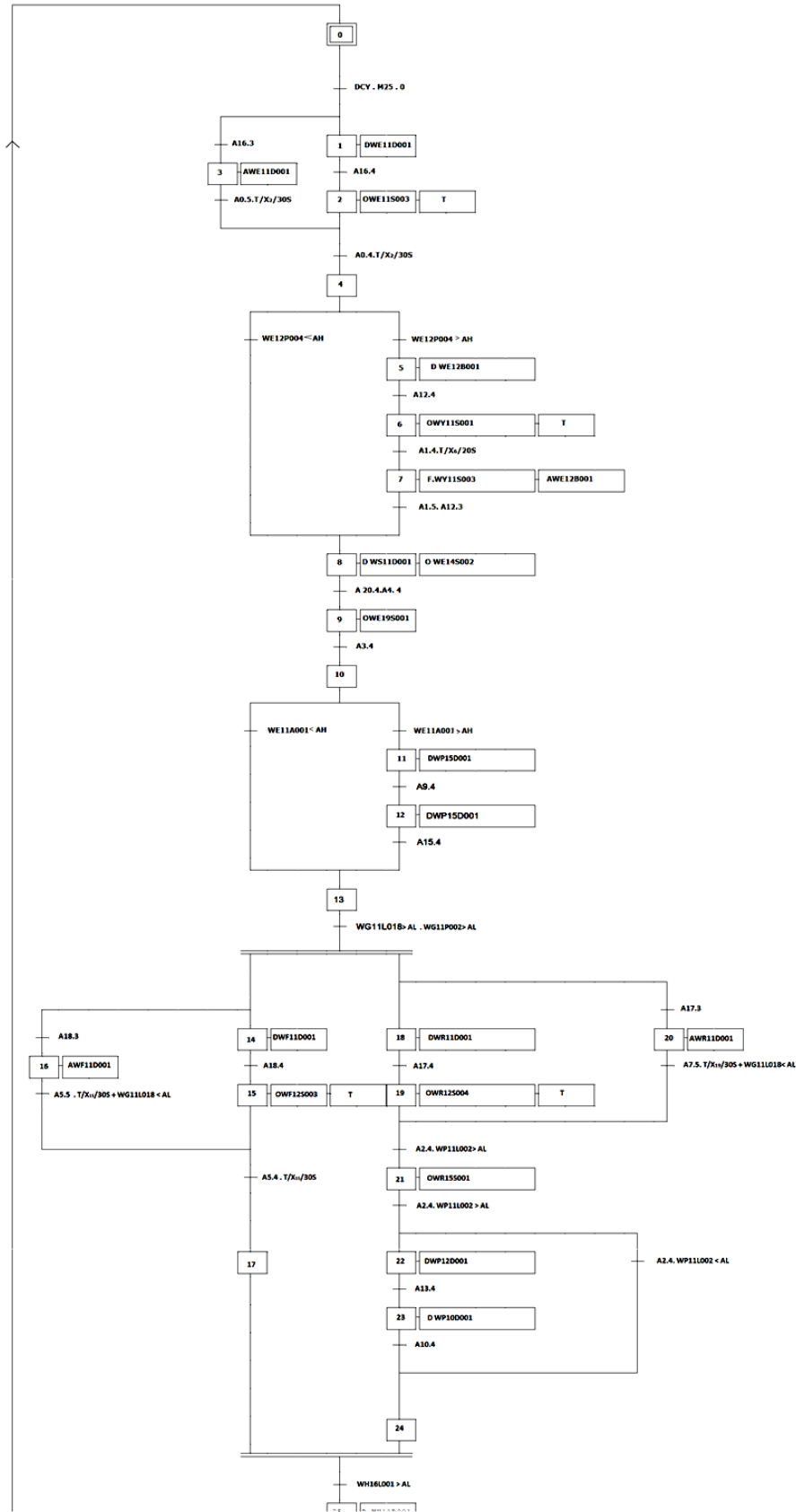
Bouton	Organe de commande
WE11 D001	Pompe d'eau de mer
WS11 D001	Pompe d'eau motrice
WR11 D001	Pompe de recirculation de saumure
WH11 D001	Pompe de recirculation d'eau chaude
WP15 D001	Pompe de dosage de Bisulfite de Sodium
WL11 D001	Brûleur
WP12 D001/WP13D001	Pompe de dosage des additifs chimique
WJ11 S001	Clapet de distillat
WJ11 D001	Pompe de distillat
WF11 D001	Pompe de saumure

Tableau II. 7 : les boutons poussoirs des différents pompes et clapets.

ALARMES	ACTIONS
Interruption après 5mn.	Déclenchement de l'unité.

WE*9F001	/AL	Alarme sur pupitre.
WE*3P001	/AL	Alarme sur pupitre.
WG*3P001	/AH	Alarme sur pupitre.
WG*1L001	/AH	Alarme sur pupitre.
WG*1L019	AH/AL	Alarme sur pupitre.
WG*1L018	AH/AL	Alarme sur pupitre.
WH*3P001	/AL	Déclenchement de l'unité + alarme sur pupitre
WH*6L001	/AL	Alarme sur pupitre. + déclenchement de l'unité
WH*3T001	/AH	Déclenchement de l'unité+alarme sur pupitre
WH*3T002	/AH	Alarme sur pupitre+déclenchement de l'unité.
WH*2T001	AH/AL	Alarme sur pupitre.
WJ*2A001	/AH	Alarme sur pupitre.
WR*2F001	/AL	Alarme sur pupitre.
WR*4P001	/AL	Alarme sur pupitre.
WR*4T002	AH/AL	Alarme sur pupitre.
WR*2A001	/AH	Déclenchement de l'unité.
WR*4F001	/AH	Déclenchement de l'unité.
Clapet pour fumée de gaz défaut		Alarme sur pupitre.
Manque de gaz		Alarme sur pupitre.
Retour de fuel blocage		Alarme sur pupitre.
MCC défaut		Alarme sur pupitre.
24V défaut		Alarme sur pupitre.
Signal sonore blocage/défaut		Alarme sur pupitre.
Défaut brûleur		Déclenchement de l'unité.
Servomoteur		Alarme sur pupitre.
Servomoteur (surcharge électrique)		Alarme sur pupitre.

Tableau II. 8 : Liste des alarmes.



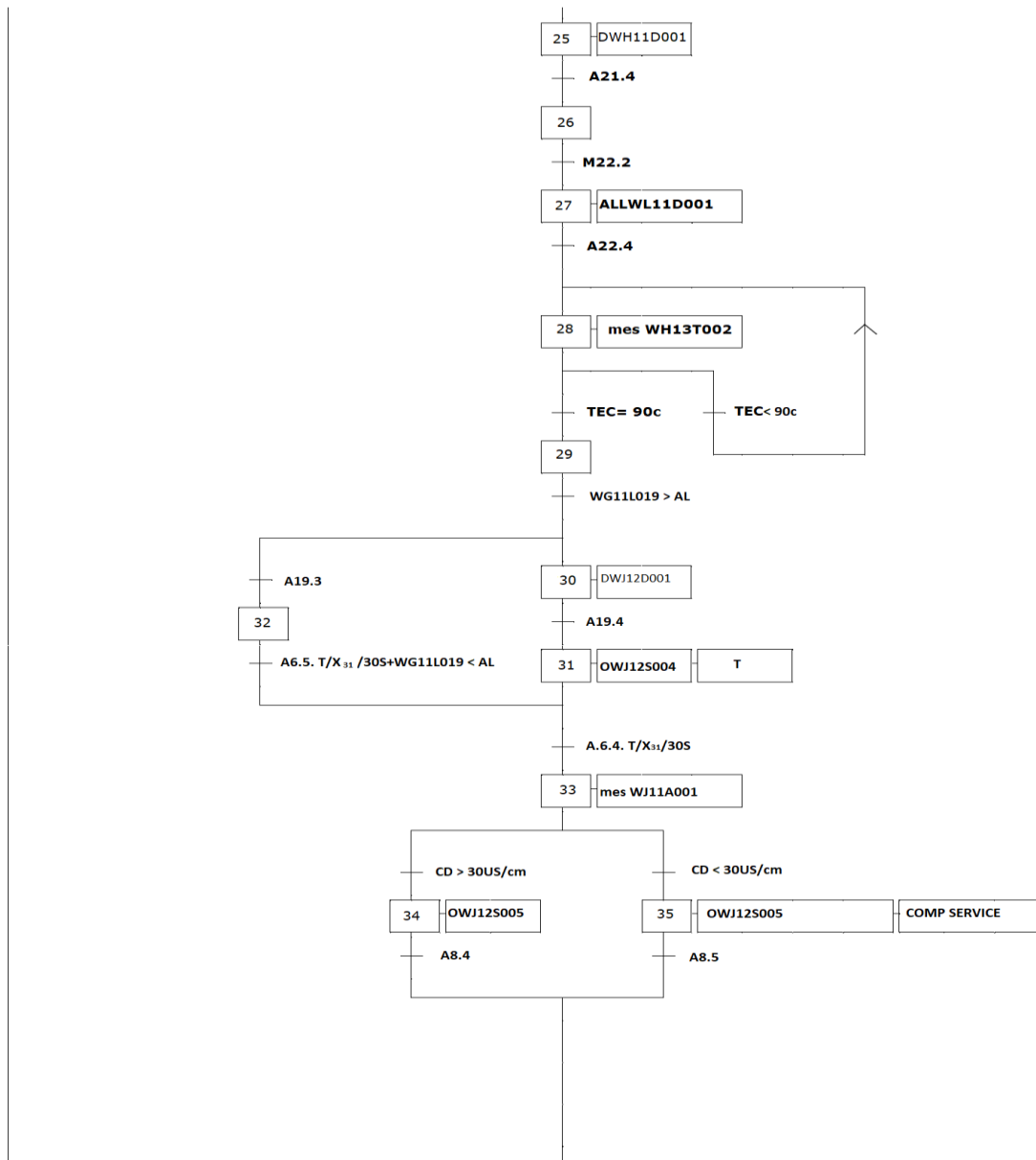
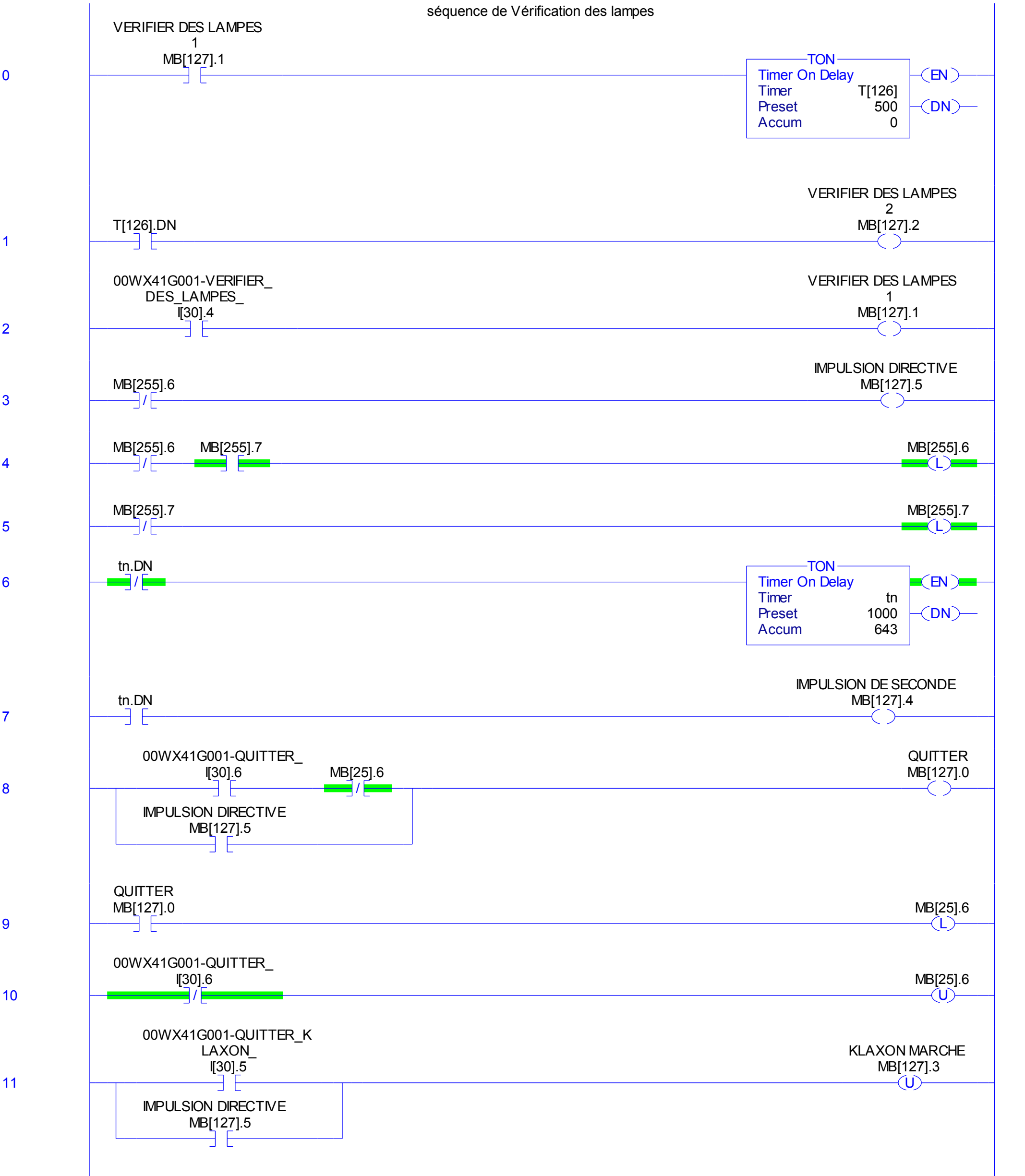
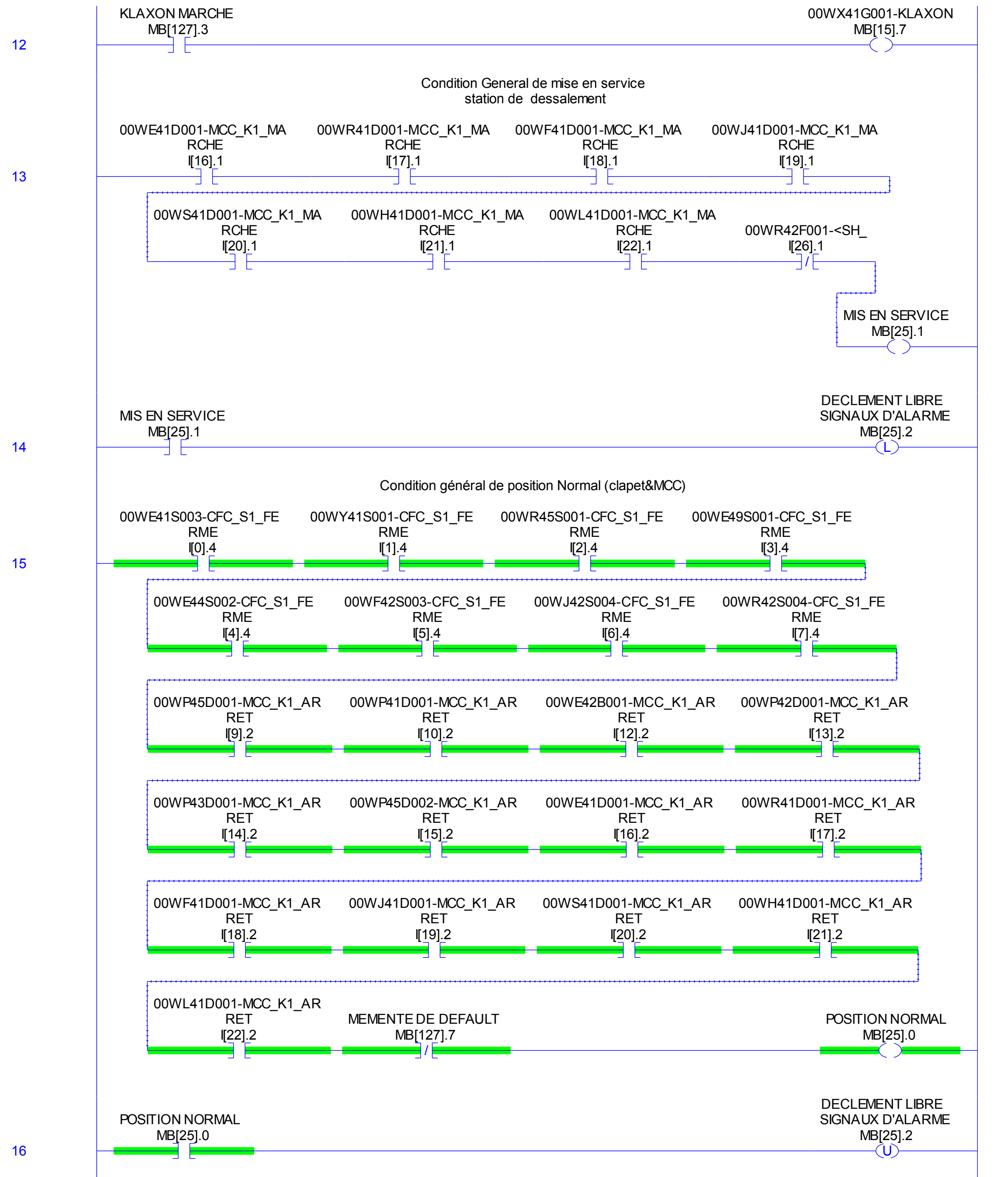
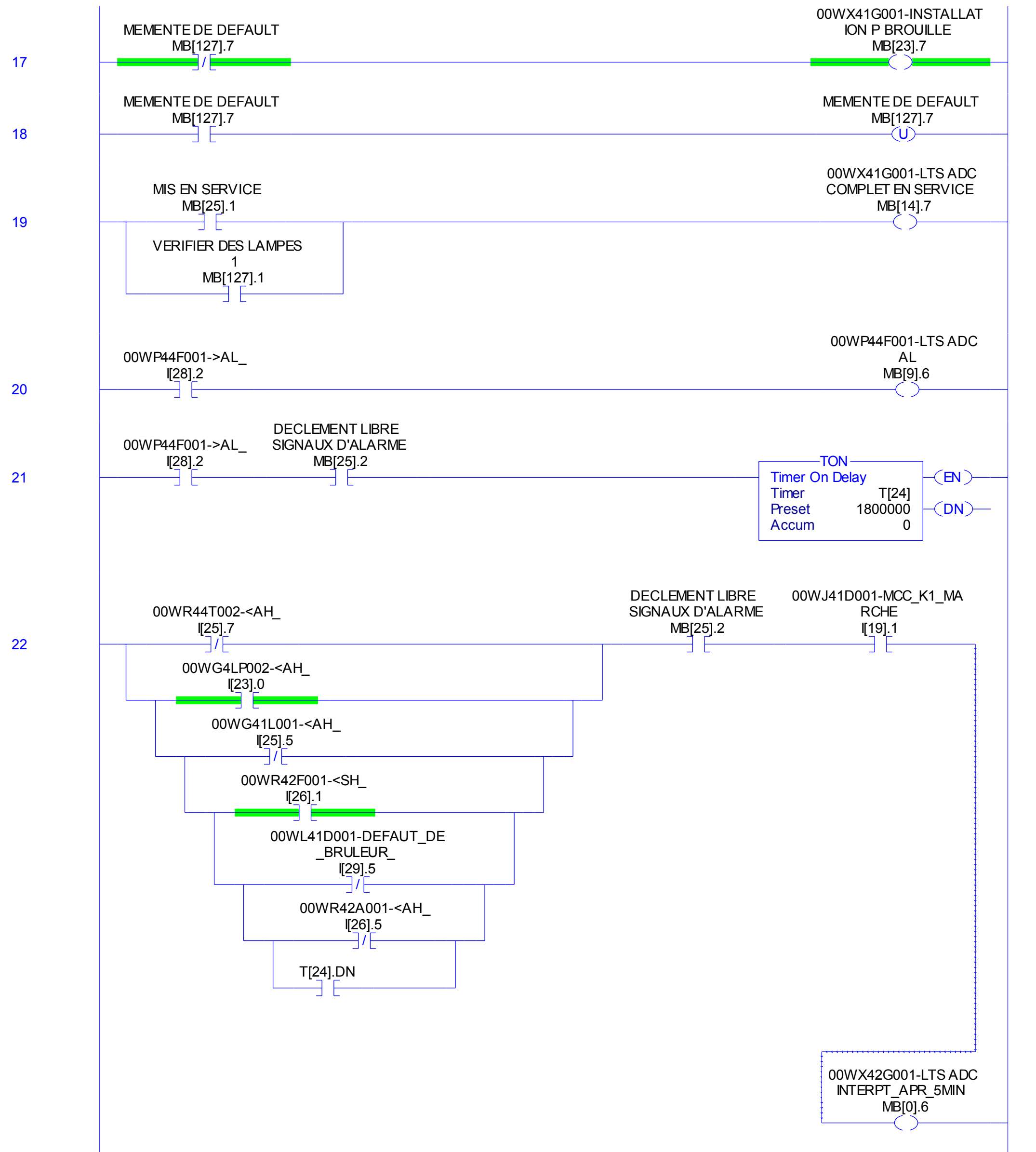


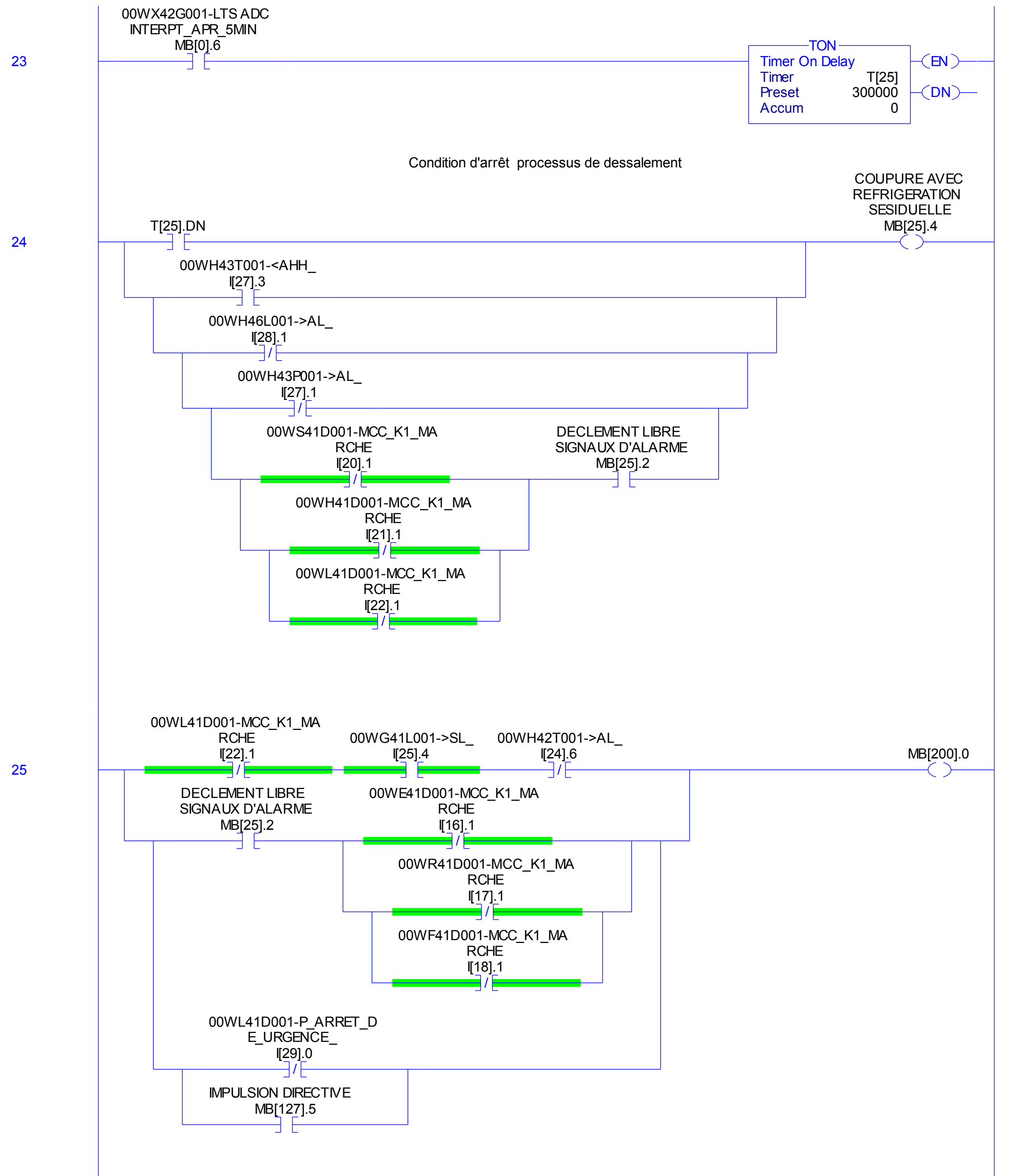
Figure IV. 1 : démarrage des unités de dessalement

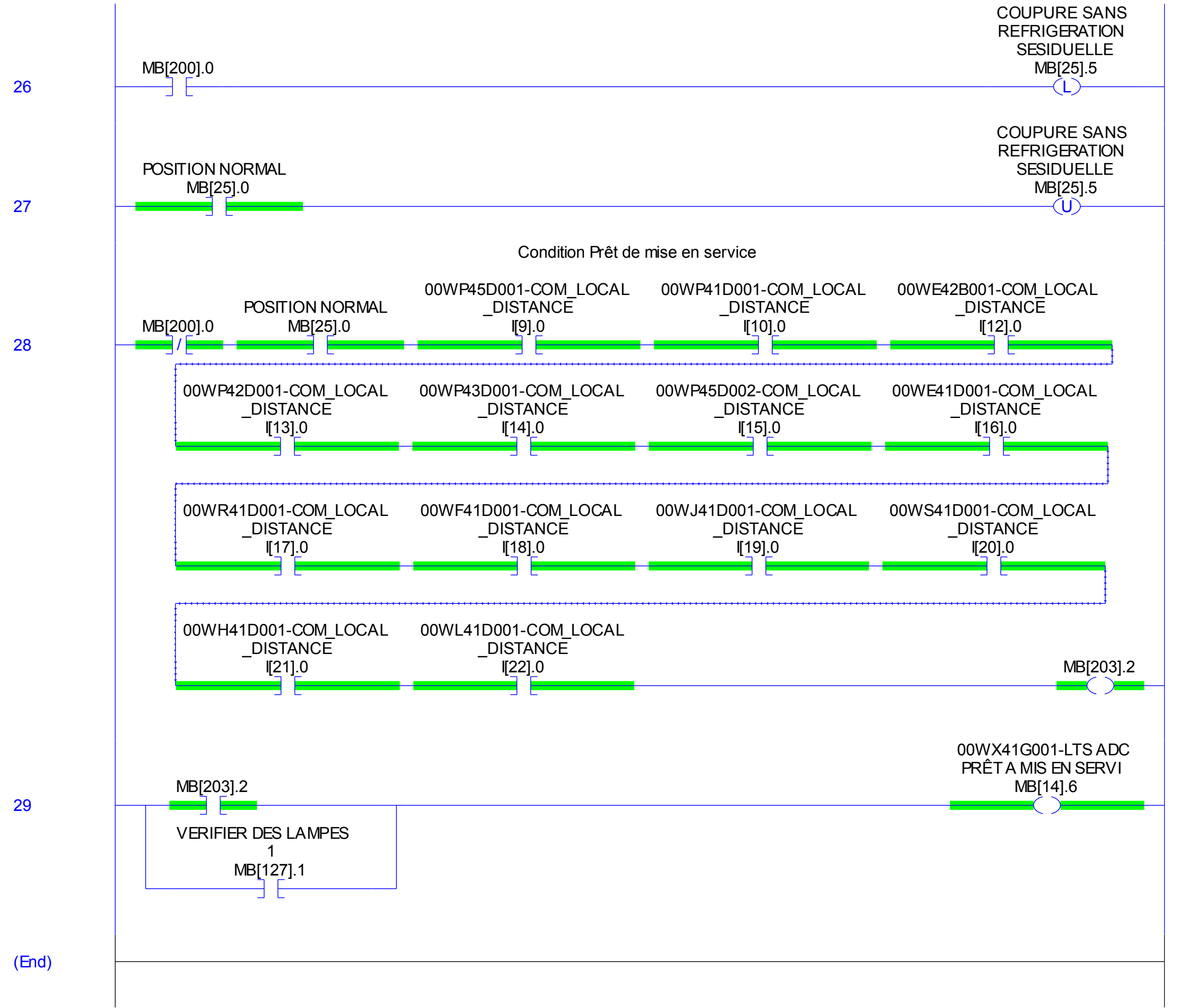
séquence de Vérification des lampes

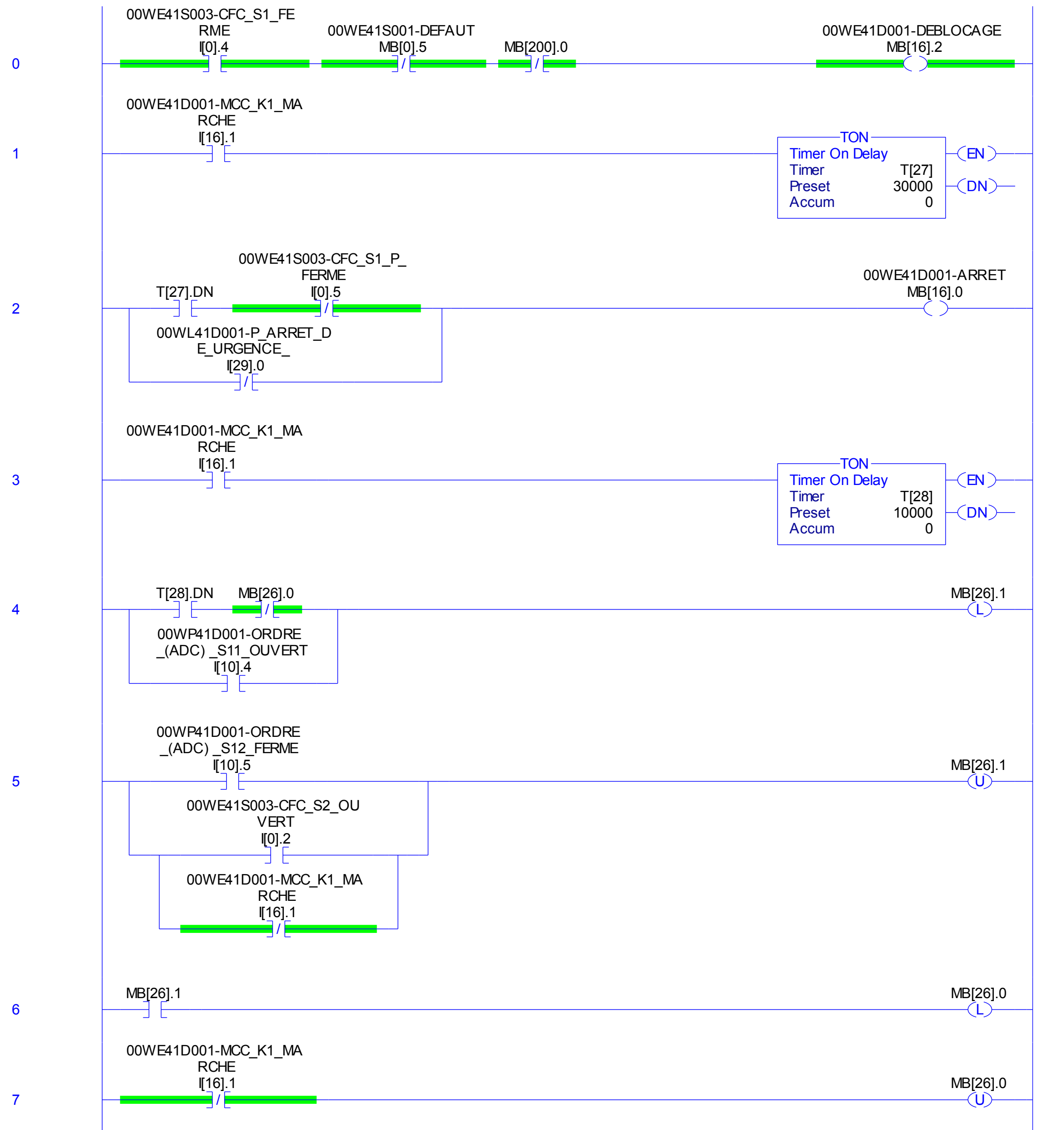


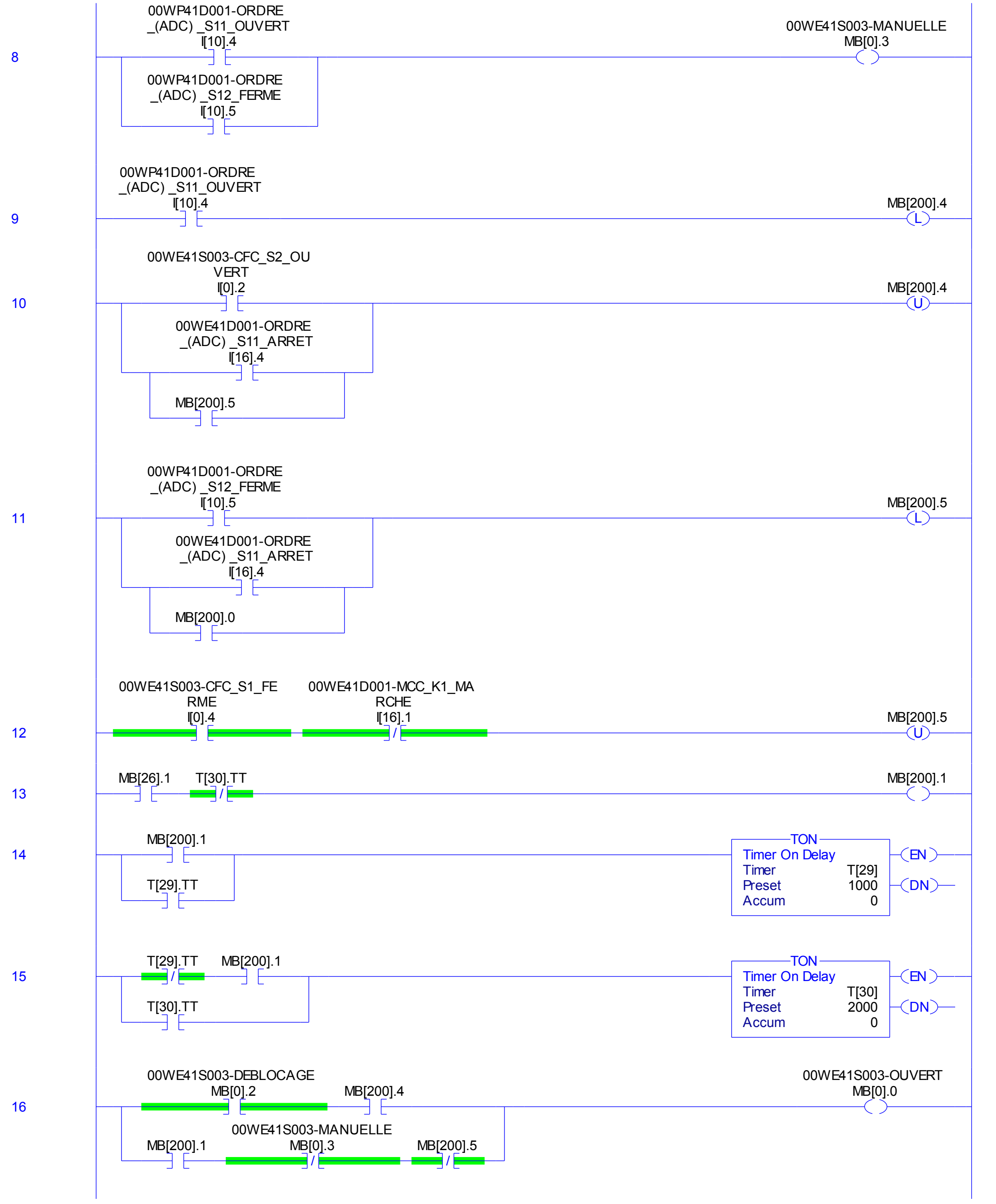


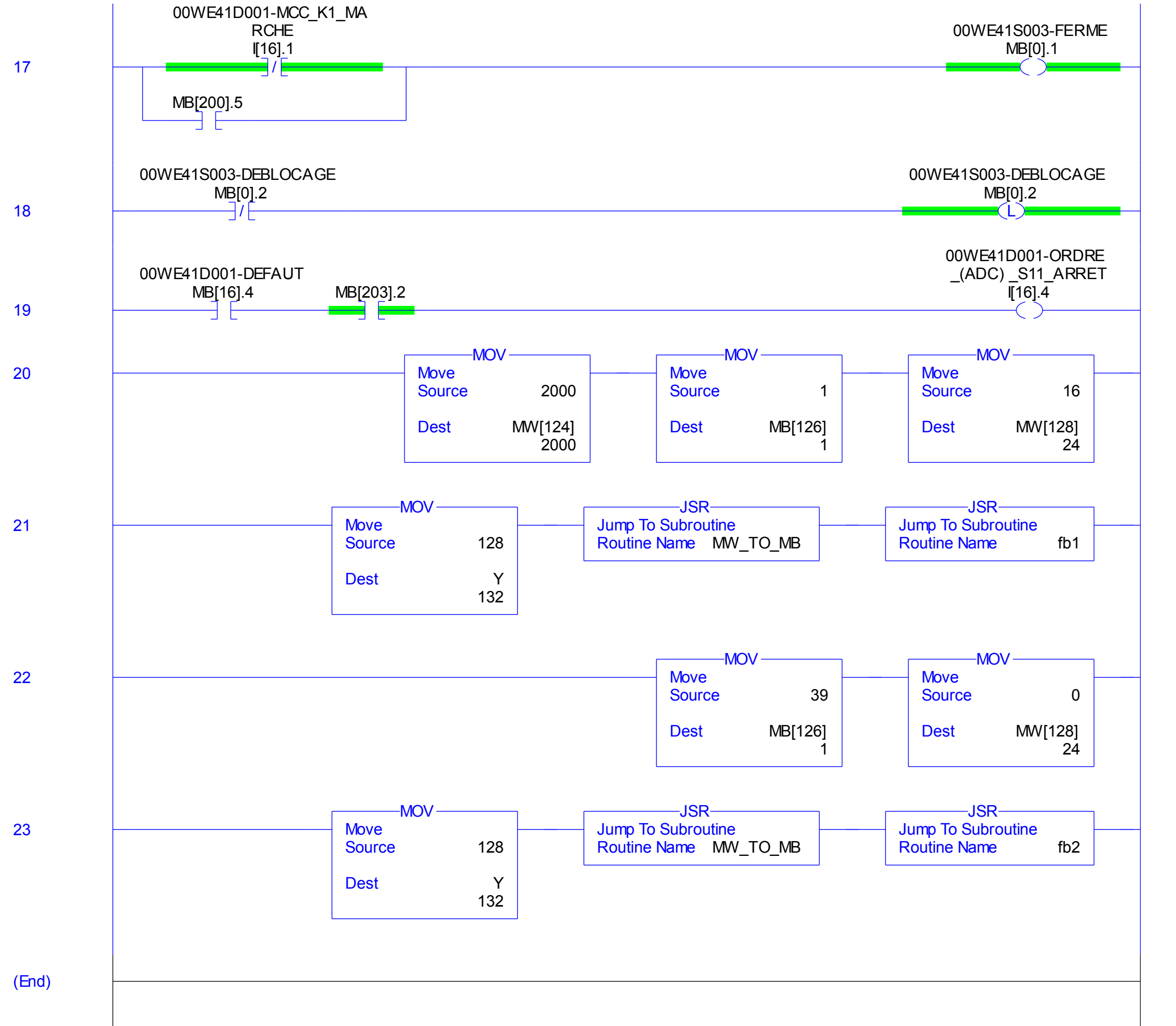












Résumé

L'électricité est un phénomène physique dû aux différentes charges électriques de la matière, se manifestant par une énergie.

La production d'électricité permet de mettre à disposition de l'ensemble des consommateurs un approvisionnement adapté à leurs besoins en énergie électrique, à tout moment.

. Il est donc nécessaire de savoir produire de l'électricité de manière efficace et continue. Pour répondre à la consommation croissante d'électricité, il a fallu donc inventer et construire des usines capables de produire cette énergie en grande quantité.

L'énergie électrique ne se trouve pas dans la nature sous forme directement exploitable à l'échelle des besoins industriels, donc il est nécessaire de partir d'une autre source que l'on appelle « énergie primaire » telles que l'énergie hydraulique, l'énergie solaire, l'énergie nucléaire, thermique, l'énergie éolienne, etc... Cette transformation est faite à partir de centrales électriques.

La centrale de Ras-Djinet est du type thermique à vapeur. Elle a pour rôle de produire de l'électricité à partir de la transformation de l'énergie calorifique (flux de vapeur) en énergie mécanique (Turbine) qui sera par la suite transformée en énergie électrique par l'intermédiaire de l'alternateur. Le dessalement d'eau de mer est effectué selon le principe de distillation par détente successive dans quatre unités identiques, elle fournit une puissance utile de (7044 MW).

Dans ce chapitre nous allons en premier décrire l'architecture des automates programmables, les procédures à suivre pour la création et la configuration matérielle d'un projet d'automatisation ainsi que la structure d'un projet et en second nous procéderons à l'élaboration du programme, que nous allons charger dans l'automate, grâce au logiciel de conception de programmes de systèmes d'automatisation SIMATIC S7.

Le dessalement d'eau de mer est effectuée selon le principe de distillation par détente successive (MSF) à 18 étage dans 4 unités identiques .ces unités sont commandées et surveillées par des automates programmables du type SIMATIC S5-110S, ces automates présentent un certains nombres d'inconvénients .l'objectifs de notre étude est d'analyser la commande existante et de la remplacer par une commande plus performante avec un automate programmable de type SIMATIC – STEP7. Notre travail est reparti en trois chapitres :

Dans le premier chapitre nous avons abordés des généralités sur les centrales électriques et le dessalement, dans le second chapitre nous avons fait une description de la centrale RAS-Djinet en axant sur le circuit eau vapeur, le procédé de dessalement d'eau de mer ainsi que ses organes de commande et d'instrumentation.

L'architecture des automates programmables en particulier STEP7-300, la modélisation du démarrage des unités de dessalement par un outil très performant, qui est le grafcet et par la suite la programmation par logiciel STEP7 ont fait l'objet du troisième chapitre.

Mots clés : Centrales électriques ; Dessalements d'eau de mer ; Centrale thermique de Ras-Djinet ; Cycle eau vapeur ; Grafcet ; SIMATIC-STEP7...