

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE

Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER PROFESSIONNEL

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie Electrique

Spécialité : **ELECTROTECHNIQUE INDUSTRIELLE**

Présenté par :

Mohammed MALKI

Toufik LEHAD

Thème

AUTOMATISATION DE LA MISE EN MARCHÉ ET ARRÊT DES UNITÉS DE DESSALEMENT DE RAS-DJINET

Mémoire soutenu publiquement le 25/09/2017 devant le jury composé de :

Mr N. MEZZAI

MCB, UMMTO, Rapporteur

Mr DJ.ZIANE

MCB, UMMTO, Co-promoteur

Mr H.DJOUDI

MAA, UMMTO, President

Mr S.AISSOU

MCB, UMMTO, Examineur

Mr AGH.KIMOUCHE

MAA, UMMTO, Examineur

Remerciement

Avant tout propos, on remercie Allah tout puissant de nous avoir donné patience, le courage et la volonté pour enfin réaliser ce travail.

Nos remerciements vont en particulier à notre promoteur MR MEZZAI et co-promoteur MR ZIANE pour leur clairvoyance et leurs efforts déployés pour nous permettre d'accomplir cette étude.

Nous tenons à remercier notre encadreur MR BOUAFFAT pour son aide inestimable et ses précieux conseils.

Nos remerciements vont également:

À l'ensemble de personnel de RAS-DJINET pour leurs collaborations et

Leur accueil chaleureux en particulier MR LAMRANI pour son aide et sa patience.

À tous les enseignants qui ont contribué pour notre formation en particulier MR CHARIF.

Au jury de bien vouloir accepter pour juger notre travail.

À tous nos amis pour l'aide matérielle et morale.

Enfin nos remerciements vont à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la concrétisation de ce travail

LISTE DES FIGURES

Chapitre I : Description de la centrale de RAS-DJINET.

figure I. 1: La centrale thermique de RAS-DJINET.....	4
figure I. 2: illustration des différentes formes de transformation d'énergie.....	5
figure I. 3 : schéma synoptique d'une tranche thermique.....	8
figure I. 5 : corps HP.....	11
figure I. 4 : corps MP.....	11
figure I. 6 : les 3 Corps de la turbine corps BP.....	12

Chapitre II : Le procédé de dessalement et ces organes de commande et d'instrumentation

figure II. 1 : station de dessalement de la centrale de RAS-DJINET.....	17
figure II. 2 : Schéma simplifié du procédé de détente successives (MSF).....	18
figure II. 3 : Schéma illustrant le rôle de l'unité de dessalement et la station de déminéralisation dans le cycle eau vapeur.....	19
figure II. 4 : Installation de distillation de la centrale thermique.....	25
figure II. 5 : Schéma détaillé de l'unité de dessalement.....	29
figure II. 6 : Contacteur.....	30
figure II. 7 : Sectionneur.....	31
figure II. 8 : Disjoncteur Moteur.....	31
figure II. 9 : Disjoncteur Moteur.....	32
figure II. 10 : Débitmètre électromagnétique.....	33
figure II. 11 : Manomètre électronique.....	33
figure II. 12 : Manomètre pour pression différentielle.....	33
figure II. 13 : Thermocouple.....	34
figure II. 14 : Indicateur de niveau magnétique.....	35
figure II. 15 : Un Conductimètre.....	36
figure II. 16 : Sonde du conductimètre.....	36
figure II. 17 : Pupitre de commande.....	37
figure II. 18 : les régulateurs.....	38

figure II. 19 : les boutons poussoirs.....	39
Chapitre III : Architecture des automates programmables	
figure III. 1 : Automate programmable S7-300.....	44
Chapitre IV : Programme de commande de la station de dessalement	
figure IV. 1: Schéma d'organisation d'un système automatisé.....	51
figure IV. 2 : Eléments de base d'un GRAFCET.....	52
figure IV. 3 : démarrage des unités de dessalement.....	56
figure IV. 4 : Page de démarrage assistant de STEP7.....	62
figure IV. 5 : Choix de CPU.....	63
figure IV. 6 : Sélection du langage et des blocs.....	63
figure IV. 7 : Affectation d'un nom au programme.....	64
figure IV. 8 : Création d'un nouveau projet.	65
figure IV. 9 : Création d'une station.	65
figure IV. 10 : Les composantes de la station.	66
figure IV. 11 : Catalogue de matériel.	66
figure IV. 12 : Configuration de matériels.	67
figure IV. 13 : Hiérarchie d'un projet STEP7.	68
figure IV. 14 : Table mnémoniques relatives au poste de relèvement.	68
figure IV. 15 : Fenêtre pour accéder aux variables d'entres.	69
figure IV. 16 : Fenêtre pour accéder aux variables de sorties.	69
figure IV. 17 : Réglage de temporisation.	70
figure IV. 18 : Fenêtre pour mémentos.....	70
figure IV. 19 : Fenêtre pour la mise en marche de la simulation.	70
figure IV. 20 : Visualisation de programme.	71

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II. 1 : Caractéristiques de l'évaporateur.	5
Tableau II. 2 : Caractéristiques de la chaudière.	6
Tableau II. 3 : Caractéristiques du réchauffeur final.	7
Tableau II. 4 : Caractéristiques des pompes de circulation.	8
Tableau II. 5 : Caractéristiques des pompes doseuses.	9
Tableau II. 6 : les différents régulateurs utilisés.	21
Tableau II. 7 : les boutons poussoirs des différents pompes et clapets.	22
Tableau II. 8 : Liste des alarmes.	24
Tableau IV. 1 : Les actions pour le démarrage.	57
Tableau IV. 2 : Tableau des réceptivités utilisées pour le démarrage.	59
Tableau IV. 3 : Tableau des actions utilisées pour l'arrêt des unités de dessalement.	60
Tableau IV. 4: Tableau des réceptivités utilisées pour l'arrêt.	61
Tableau IV. 5 : Table des mnémoniques.	74

Table des matières

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Description de la centrale de RAS-DJINET.	
I.1. Introduction.....	3
I.2. Présentation de la centrale.....	3
I.2.1. Implantation de la centrale	3
I.2.2. Historique	3
I.3. Principe de fonctionnement.....	5
I.3.1. Fonctionnement du cycle eau-vapeur.....	5
I.3.2. Différents constituants de la centrale	9
I.3.2.1. Chaudière (générateur de vapeur)	9
I.3.2.2. La turbine	10
I.3.2.3. Le condenseur	12
I.3.2.4. Les pompes	13
I.3.2.5. La bêche alimentaire	13
I.3.2.6. Les réchauffeurs.....	13
I.3.2.7. Alternateur.....	13
I.3.2.8. Transformateur	14
I.4. Les auxiliaires communs aux quatre tranches	15
I.4.1. Système de traitement des eaux	15
I.4.1.1. Station de dessalement de l'eau de mer.....	15
I.4.1.2. Station de déminéralisation	15
I.4.1.3. Station d'électro chloration	15
I.4.1.4. Station de production d'hydrogène	15
I.4.1.5. Post gaz	15
I.4.1.6. Station fuel	15
I.4.1.7. Evacuation d'énergie	15
I.5. Conclusion.....	16
Chapitre II : Le procédé de dessalement et ces organes de commande et d'instrumentation.	
II.1. Introduction	17
II.2. Principe du système Multi-flash	18
II.3. station de déminéralisation.....	19
II.4. Station de dessalement.....	20
II.4.1. les différents constituants de la station de dessalement.....	20
II.4.1.1. Evaporateur	20
II.4.1.2. Chaudière	21
II.4.1.3. Un réchauffeur final.....	22
II.4.1.4. Les pompes.....	23
II.4.2. Description du procédé de dessalement d'eau de mer	26
II.5. Partie opérative de la station de dessalement.....	30
II.5.1. Partie électrique.....	30
II.5.1.1. Armoire électrique	30
II.5.2. Partie Instrumentation.....	32
II.5.2.1. Capteur de débit	32

II.5.2.2. Capteur de pression	33
II.5.2.3. Capteur de température	34
II.5.2.4. Capteur de niveau.....	35
II.5.2.5. Capteur de conductivité.....	36
II.5.2.6. Pupitre de commande.....	36
II.5.2.7. Les régulateurs.....	37
II.5.2.8. Les boutons poussoirs.....	38
II.5.2.9. Les alarmes.....	39
II.5.3. Les actionneurs	40
II.6. Conclusion	40
Chapitre III : Architecture des automates programmables	
III.1. Introduction.....	42
III.2. Définition générale d'API.....	42
III.2.1. Choix de l'automate programmable S7-300.....	42
III.2.2. Présentation de l'automate S7-300.....	43
III.2.2.1. Caractéristique du S7/300.....	43
III.2.2.2. Modularité de L'API S7/300.....	43
III.3. Description du logiciel STEP7.....	47
III.3.1. Gestionnaire de projet SIMATIC Manager	47
III.3.2. Editeur de programme	47
III.3.3. Le simulateur des programmes PLCSIM	48
III.3.4. Structure d'un programme STEP7	48
III.4. Conclusion.....	49
Chapitre IV : Programme de commande de la station de dessalement	
IV.1. Introduction	50
IV.2. Systèmes automatisés	50
IV.2.1. Définition de l'automatisation	50
IV.2.2. L'objectif de l'automatisation	50
IV.2.3. Structure d'un système automatisé	50
IV.3. Modélisation du fonctionnement.....	51
IV.3.1. Grafcet	51
IV.3.1.1. Définition	51
IV.3.1.2. Eléments de base du GRAFCET.....	51
IV.3.2. Elaboration de GRAFCET de l'unité de dessalement	52
IV.3.2.1. Cahier de charges pour le démarrage des unités	52
IV.3.2.2. Modélisation par Grafcet	54
IV.3.2.3. Cahier de charge pour l'arrêt	59
IV.3.3. Modélisation par le logiciel de programmation STEP7	61
IV.3.3.1. Création du projet dans SIMATIC Manager.....	62
IV.3.3.2. Configuration matérielle (Partie Hardware)	66
IV.3.3.3. Création de la table des mnémoniques (Partie Software)	68
IV.3.3.4. Création du programme (Partie Software)	69
IV.3.3.5. La simulation du programme	69
IV.4. Le programme de démarrage.....	72
IV.4.1. Table des mnémoniques.....	72

IV.4.2. Le programme	74
IV.5.Conclusion.....	86
Conclusion générale.....	87

Introduction

INTRODUCTION GENERALE

Les phénomènes naturels, tels que la foudre, étaient déjà observés dès l'Antiquité, mais pendant très longtemps l'électricité a terrifié les hommes qui voyaient en elle une manifestation de la colère divine ou d'un pouvoir surnaturel.

Ce n'est qu'à partir de la fin du 16^{ème} siècle qu'elle a commencée à être étudiée par les scientifiques pour en comprendre ses mécanismes et établir des lois.

Leurs travaux successifs ont permis de créer artificiellement de l'électricité en transformant diverses sources d'énergies.

Aujourd'hui, cette électricité est produite par des centrales électriques, transportée et distribuée aux consommateurs.

Comme le feu de temps des hommes préhistoriques, l'électricité a changé la vie de l'humanité, elle est devenue indispensable à tout ce qui fait notre vie quotidienne : se nourrir, se chauffer s'éclairer, se laver, soigner, communiquer, se déplacer, fabriquer ... etc.

Aujourd'hui l'énergie électrique est omniprésente dans les pays développés selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE), la consommation d'électricité dans le monde devrait augmenter de 75% entre 2007 et 2030.

Cela s'explique par la croissance démographique et la demande sans cesse croissante de l'énergie dans l'industrie pour répondre à la demande en électricité de consommateurs de différentes natures(particulier, industriel, tertiaires, collectivités) et répartis sur l'ensemble d'un territoire, il faut utiliser des moyens de production industriels permettant de produire de l'électricité en grandes quantités, cette opération est réalisée dans des centrales électriques par la mise en rotation, grâce à la force de vent, de l'eau ou de la vapeur d'une turbine qui entraîne un alternateur.

Comme l'électricité ne se stocke pas à grande échelle, sa production est le résultat d'une combinaison des différents moyens de production complémentaires ayant chacun un rôle dans la courbe de consommation, d'où la nécessité d'ajouter la production à la consommation.

En Algérie une grande partie de la production d'énergie électrique est fournie par des centrales thermiques.

INTRODUCTION GENERALE

La centrale thermique de RAS-DJINET occupe une place importante dans le réseau de production nationale de l'énergie électrique, elle fournit une puissance utiles de 704 MW, elle est dotée de quatre(4) tranches de production d'énergie.

Le dessalement d'eau de mer est effectué selon le principe de distillation par détente successive dans 4 unités identiques.

Ces unités sont commandées et surveillées par des automates programmables du type SIMATIC 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, et manipule 248 entrées, 192 sortie, 249 mémentos, ce programme a été fourni par le constructeur, il n'est pas accompagné d'une documentation qui permet une meilleure exploitation.

L'analyse de la commande existante a pour but d'élaborer un programme de la commande du procédé de démarrage des unités de dessalement.

Notre objectif vise à remplacer la commande existante à base d'un automate programmable dit SIMATIC STEP 5 par une commande programmée par automate plus performant de type SIMATIC STEP7.

L'objet de 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 quatre chapitres :

Dans le premier chapitre nous avons abordé des généralités sur la centrale électrique de RAS-DJINET en axant sur le circuit eau vapeur, dans le second chapitre on a fait une étude détaillé sur le procédé de dessalement d'eau de mer ainsi que ces organes de commandes et d'instrumentation.

L'architecture des automates programmables en particulier l'automate STEP7-300 a été l'objet de troisième chapitre.

Le chapitre quatre a été consacré pour la modélisation de démarrage et d'arrêt des unités de dessalement par un outil très performant qui est le Grafcet, et par la suite la programmation par logiciel STEP7.

En fin nous avons achevé notre travail par une conclusion générale dans laquelle nous avons met en évidence l'outil de programmation avec des automates en langage Grafcet.

Chapitre I :
Description de la centrale de
RAS-DJINET

I.1. Introduction :

Le secteur de l'énergie est l'un des domaines les plus stratégiques pour l'économie. Son rôle est énorme dans l'épanouissement d'un pays. L'Algérie, pays en voie de développement, connaît une période de modernisation et de la croissance économique durant laquelle elle entreprend de couvrir une grande partie de ses besoins énergétiques en élargissant, d'année en année, son potentiel de production de l'énergie électrique.

Une centrale thermique classique fonctionne grâce à la combustion de gaz naturel, de charbon (charbon pulvérisé) ou de 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, on va décrire la centrale avec ses caractéristiques et le fonctionnement du cycle eau-vapeur.

I.2. Présentation de la centrale :

I.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 I.1)

Le choix du site s'est fait sur la base des critères suivants : [1]

- ✓ 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.

I.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. [1]

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. [1]

- 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.
 - 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.



figure I. 1: La centrale thermique de RAS-DJINET.

I.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 I.2) [1]

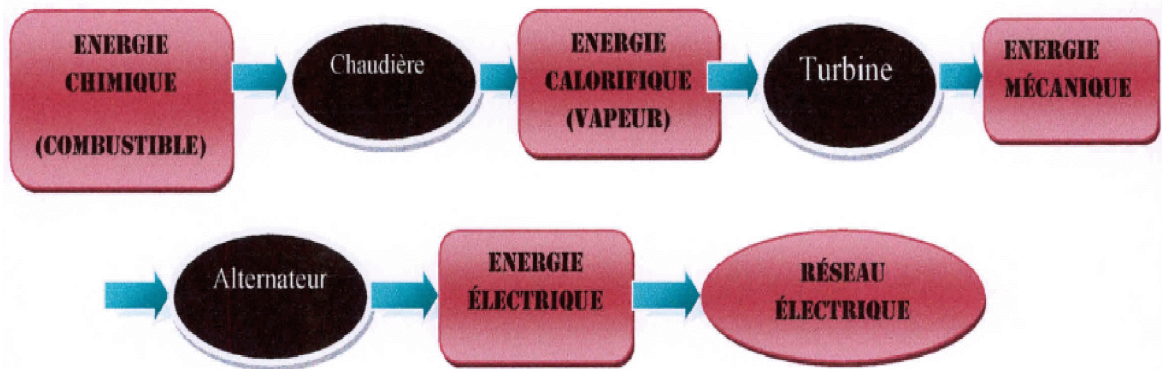


figure I. 2: illustration des différentes formes de transformation d'énergie.

- 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.

I.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 bêche alimentaire à travers le dégazeur pour y subir un dégazage (élimination de l' O_2) et un autre réchauffage par mélange. L'eau dégazée et réchauffée à environ $140^{\circ}C$ dans la bêche 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 $240^{\circ}C$ 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 $300^{\circ}C$ 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 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 $540^{\circ}C$. 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 $540^{\circ}C$ 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 I.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 disjoncteur alternateur (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. [6]

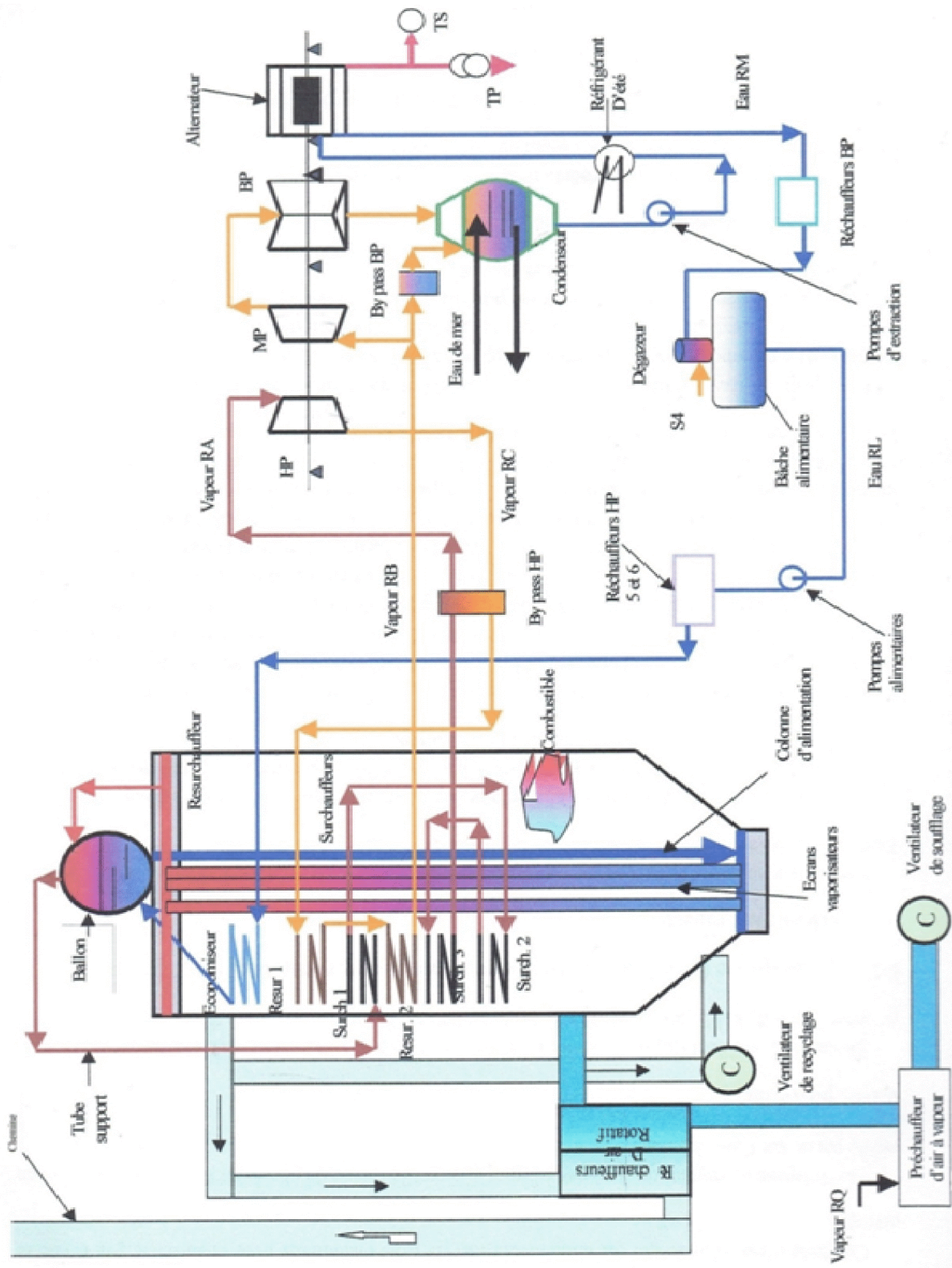


figure I. 3: cycle eau vapeur d'une tranche thermique.

I.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). [2]

Un groupe est constitué principalement de :

I.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 haut 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.

I.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 I.4). [1]

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

	Corps HP	Corps MP	Corps BP
Pression d'admission	138 bars	35 bars	5.5 bars
Débit de vapeur	532 t/h	407.9 t/h	406 t/h
Température de vapeur	535 °C	535 °C	282°C
Nombre d'étage à réaction	23 étages	2x20 étages	2x8 étages
Nombre d'étage à action	1 étage	Aucun étage	Aucun étage
	Simple flux à double enveloppe	Double flux à double enveloppe	Simple flux à double enveloppe

Tableau I- 1: Caractéristiques des différents corps de la turbine.

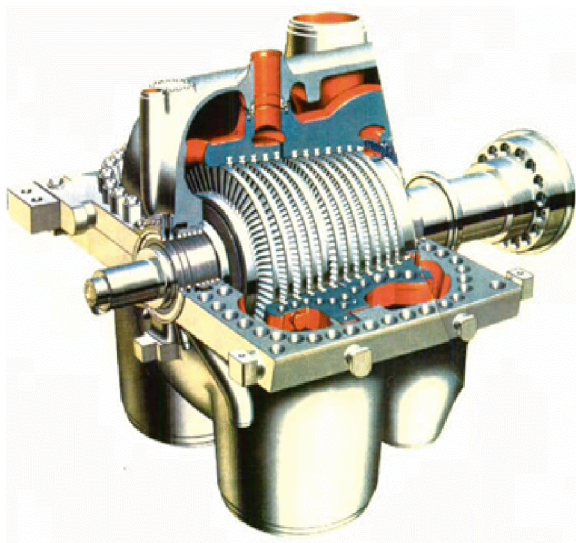


figure I. 5 : corps HP.

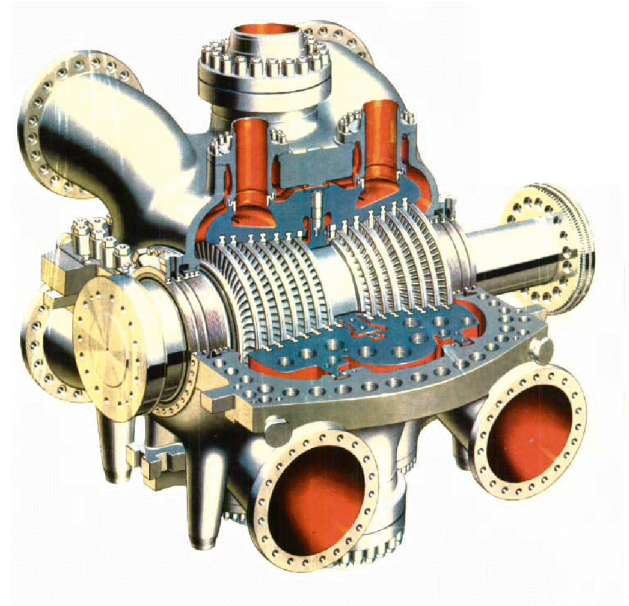


figure I. 4 : corps MP.

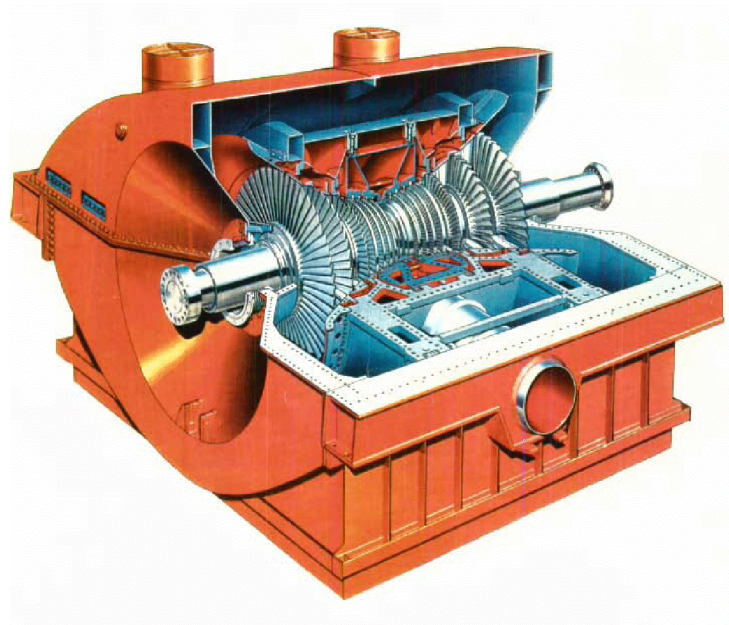


figure I. 6 : corps BP.

I.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 [2] :

- 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 [2] :

- 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

I.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). [2]

I.3.2.5. La bache 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. [2]

Ses caractéristiques sont :

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

I.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 bache alimentaire, ils sont alimentés par les soutirages S1, S2, S3 du corps basse pression de la turbine. [2]

- 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. [2]

I.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. [2]

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 pôle internes à aimants permanents tournants, le courant triphasé produit dans le stator excite le champ 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

I.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. [2]

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

I.4. Les auxiliaires communs aux quatre tranches :

I.4.1. Système de traitement des eaux :

I.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). [1]

I.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). [1]

I.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 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). [1]

I.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. [1]

I.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. [1]

I.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. [1]

I.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. [1]

I.5. Conclusion

L'étude d'une tranche de production dans la centrale thermique de RAS-DJINET nous a permis de mieux comprendre les étapes et les transformations nécessaires pour la production de l'électricité, en mettant en évidence le rôle des divers organes qui participent à ces transformations (chaudière, condenseur, turbine), ainsi que l'importance des auxiliaires intervenant dans un cycle de production, en particulier la station de dessalement qui assure l'approvisionnement en eau au niveau de condenseur via la station de déminéralisation.

le prochain chapitre sera consacré essentiellement à l'étude de cette station de dessalement d'eau de mer avec ses organes de commande et d'instrumentation.

Chapitre II :

*Le procédé de commande et
d'instrumentation*

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

II.1. Introduction :

Les besoins journaliers en eau dessalée de la centrale thermique de RAS-DJINET sont de l'ordre de 1100 m^3 . L'installation comprend quatre unités fonctionnant selon le principe de la distillation par détentes successives à 18 étages. Chaque unité produit par jour 500 m^3 d'eau dessalée qui est stocké dans deux réservoirs de 2700 m^3 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.1)

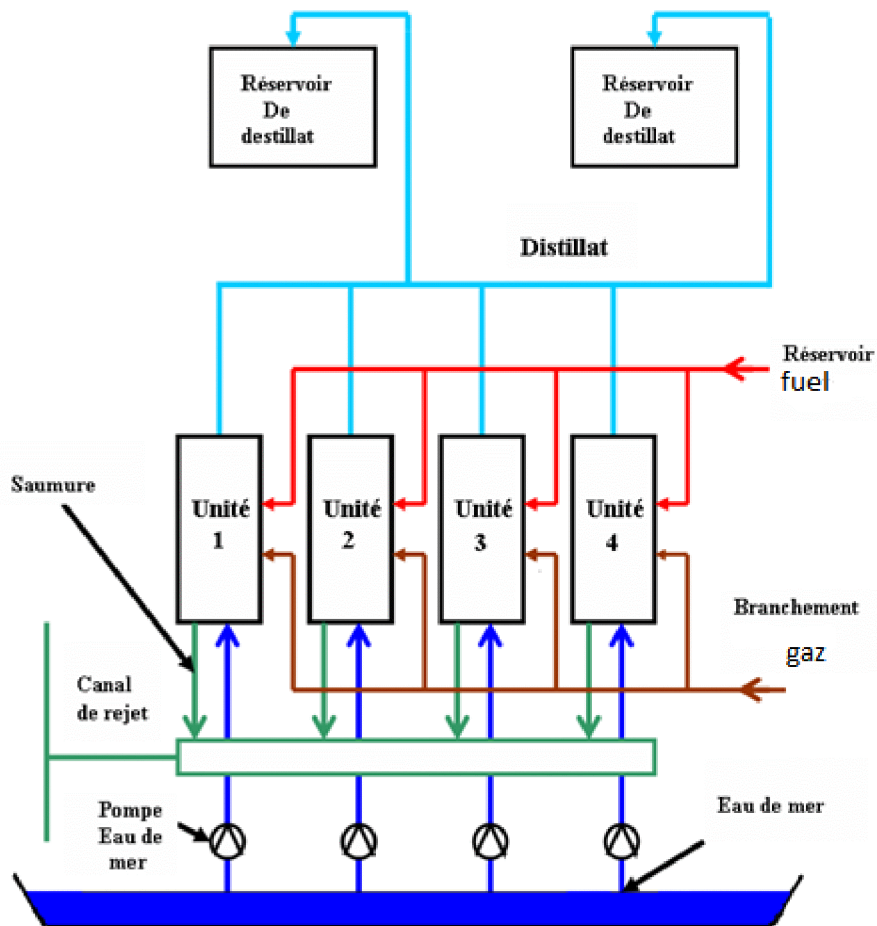


figure II. 1 : station de dessalement de la centrale de RAS-DJINET.

II.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.2) [4]

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. [4]

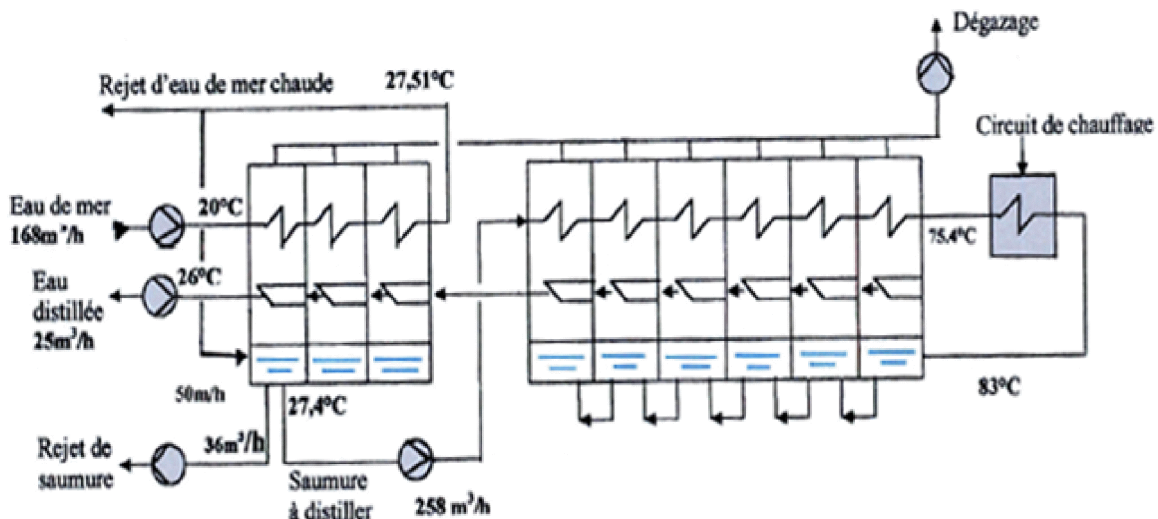


figure II. 2 : Schéma simplifié du procédé de détentes successives (MSF).

II.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.3)

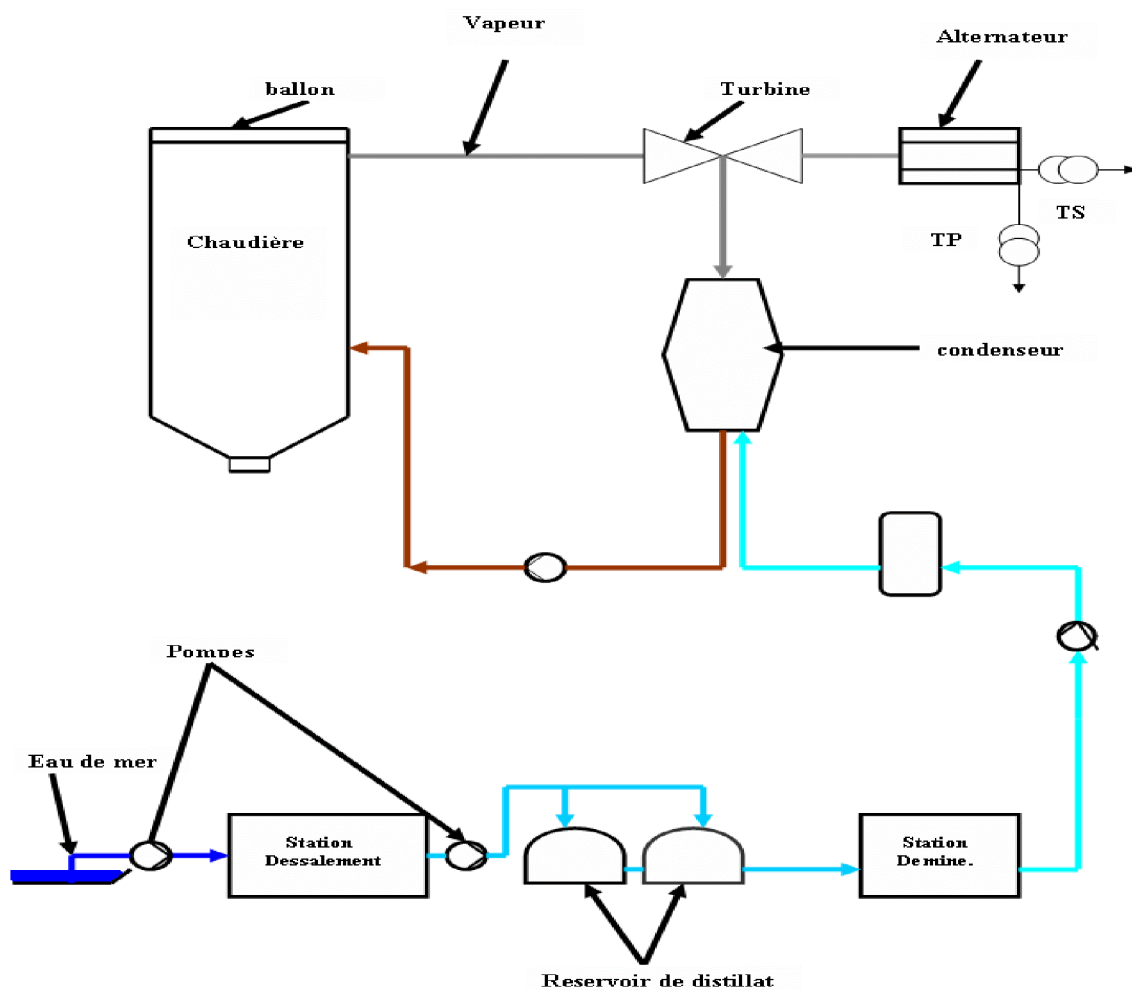


figure II. 3 : circuit illustrant le rôle de l'unité de dessalement et la station de déminéralisation dans le cycle eau vapeur.

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

II.4. Station de dessalement:

II.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[3].

Chaque unité se compose des éléments suivants :

II.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.

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

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.

II.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.

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

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.

II.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).

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

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

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.

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 ⁸	-
Pression	bar	0-9	5
Température	°C	110	110

Tableau II. 3 : Caractéristiques du réchauffeur final.

II.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.

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).

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

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 nominale	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.

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.
- **Agitateur**

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

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.

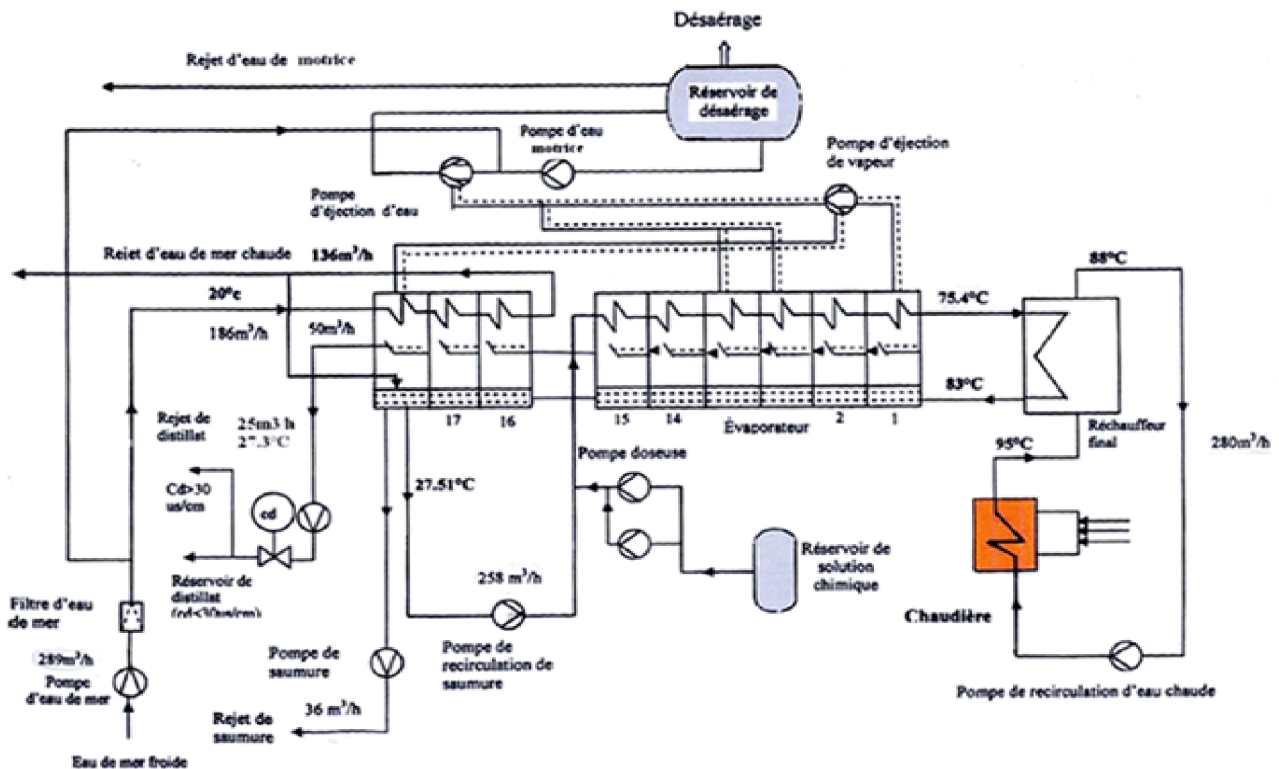


figure II. 4 : Installation de distillation de la centrale thermique.

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

II.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.4). [3]

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 régulateur 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 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. [3]

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 côté 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.

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

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.

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

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

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.

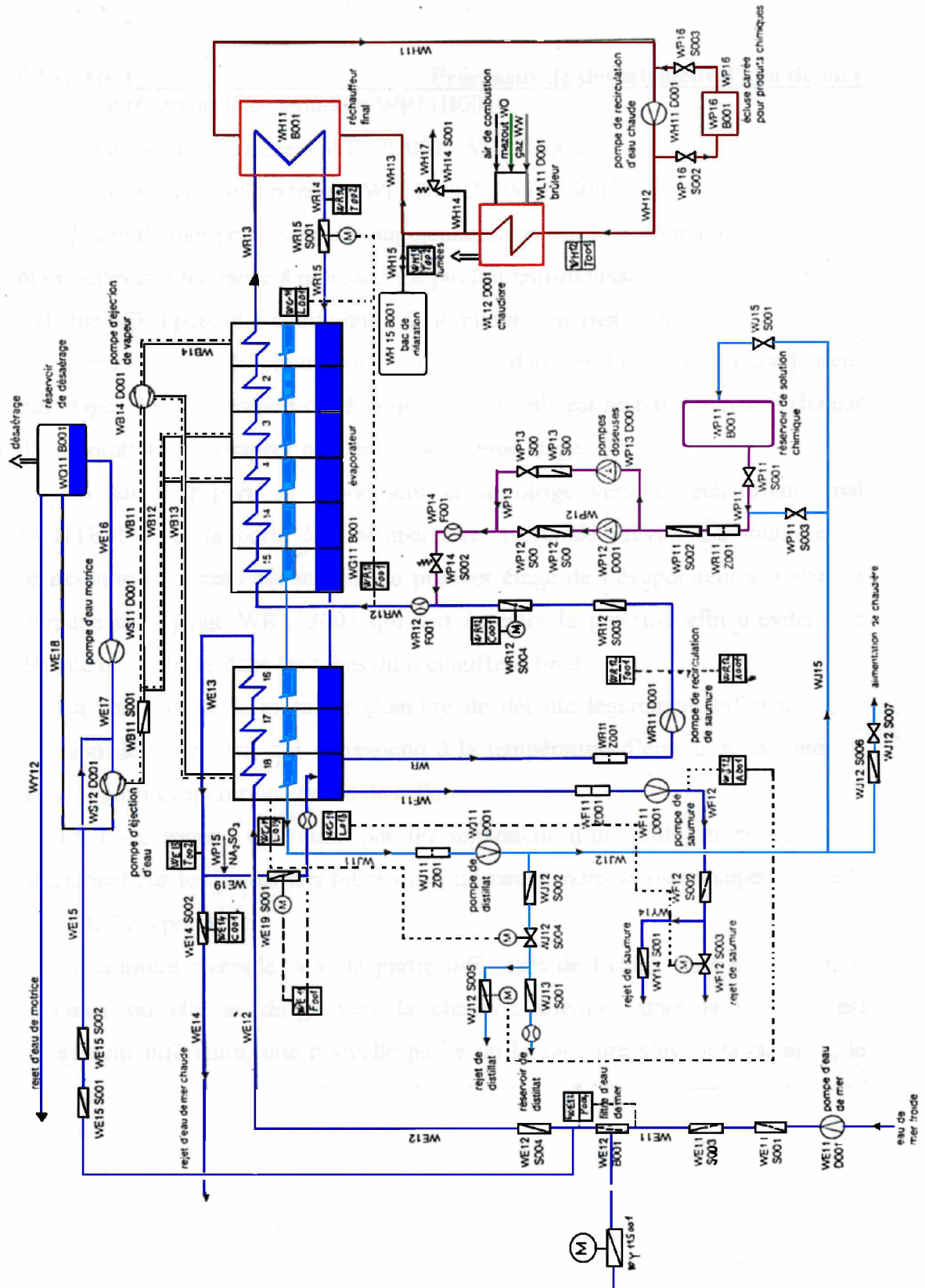


figure II. 5 : Schéma détaillé de l'unité de dessalement. [3]

II.5. Partie opérative de la station de dessalement:

II.5.1. Partie électrique

II.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. [3]

- **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. [7]

Ils sont composés de contacts normalement ouverts ou normalement fermés, trois phases pour les contacteurs et une bobine d'excitation.



figure II. 6 : Contacteur.

- **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. [7]

- **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. [7]



figure II. 7 : 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. [7]



figure II. 8 : Disjoncteur Moteur.

- **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. 9 : Disjoncteur bipolaire.

II.5.2. Partie Instrumentation:

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

II.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 : [15]

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.10)

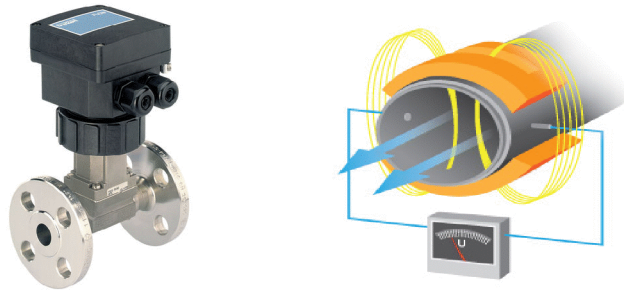


figure II. 10 : Débitmètre électromagnétique.

II.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 [15]

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.11 et figure II.12)

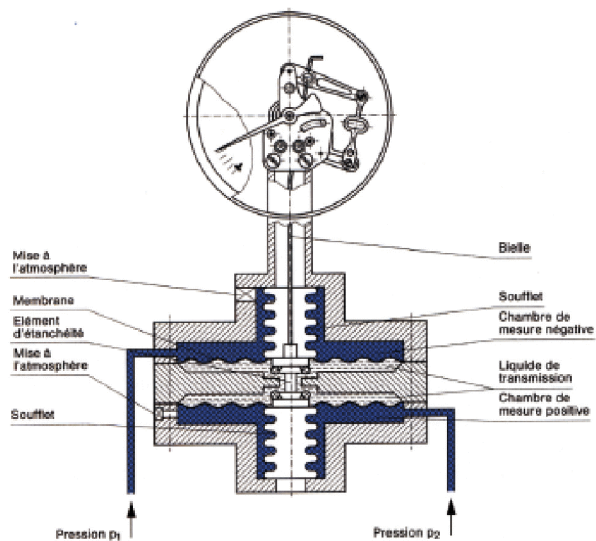


figure II. 11 : Manomètre électronique. figure II. 12 : Manomètre pour pression différentielle.

II.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 thermorégulateur règle le bruleur de la chaudière suivant le signal donné par le thermomètre WH12T001 placé devant la chaudière.

Elément de mesure :

Thermocouple, Thermistance : [15]

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.13)

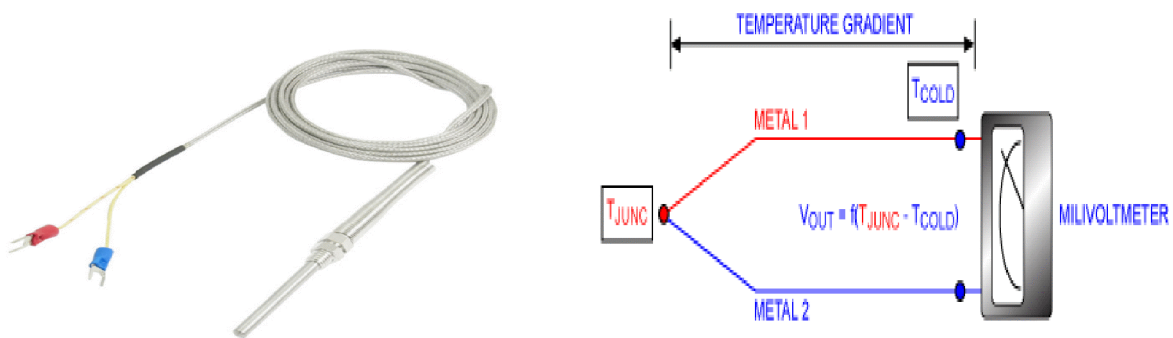


figure II. 13 : Thermocouple. [19]

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

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

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.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. [15]

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.

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 2.14)

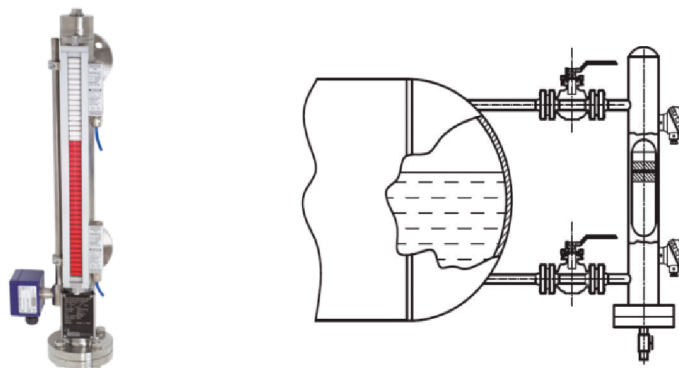


figure II. 14 : Indicateur de niveau magnétique.[19]

II.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. [15]

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.15)

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. 15 : Un Conductimètre.



figure II. 16 : Sonde du conductimètre. [21]

II.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.

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

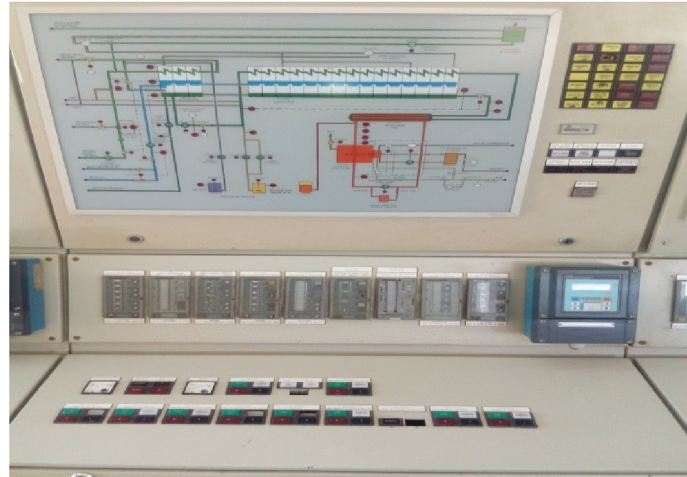


figure II. 17 : Pupitre de commande.

II.5.2.7. Les régulateurs:

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

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.

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



figure II. 18 : les régulateurs.

II.5.2.8. Les boutons poussoirs:

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

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.

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



figure II. 19 : 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).

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.

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

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 (surchage électrique)		Alarme sur pupitre.

Tableau II. 8 : Liste des alarmes.

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, et l'unité de déminéralisation assure une meilleure production d'eau de plus grandes puretés, mais l'utilisation de cette dernière 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 a savoir:

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

-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.

dans le chapitre suivant notre étude sera focalisé sur le nouveau automate SIMATIC-STEP7 destiné pour la commande de ces unités de dessalement, son architecture et son logiciel de programmation.

Chapitre III :
Architecture des automates
programmables

III.1. Introduction :

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 aux fins de 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.

III.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.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 basés sur les principaux critères suivants [10] :

- Adaptation optimale au procédé tant humain (sécurité) 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 pensée 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.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. [10]

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

III.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 :

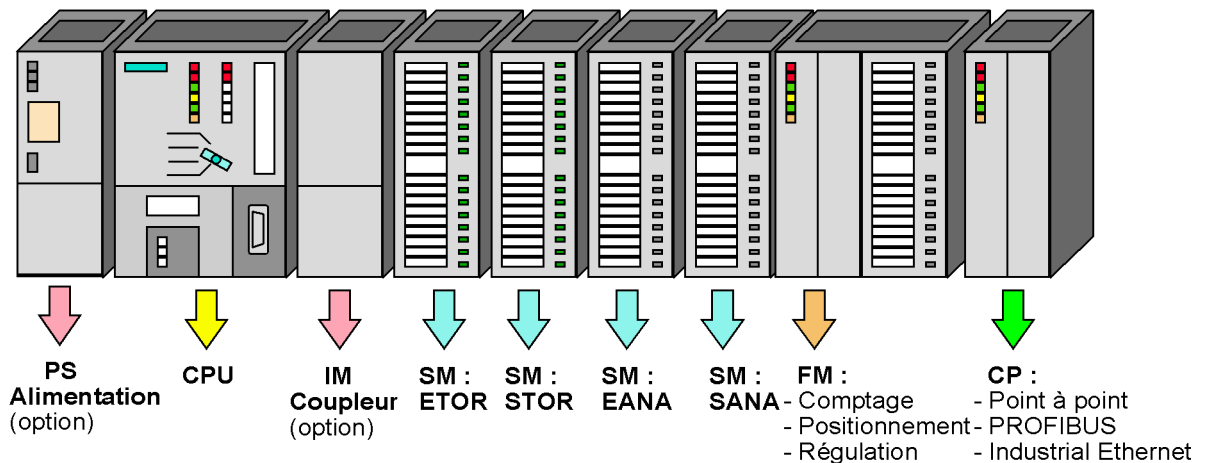


figure III. 1 : Automate programmable S7-300.

- **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.
- 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.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.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.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 les quelles la CPU traite le programme.
- ✓ **Le logigramme (LOG)** : est un langage de programmation graphique qui utilise les boîtes 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 boîtes logiques.

III.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 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. [14]

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. [14]

III.3.4. Structure d'un programme STEP7 :

Avec Step7 il est possible de structurer le programme selon deux types [13]:

- **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'OB1 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.4. Conclusion :

Dans ce chapitre on a vu la structure 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 qui sera l'objet du prochain chapitre.

Chapitre IV :

*Programme de commande de
la station de dessalement*

IV.1. Introduction :

Dans ce chapitre nous allons d'abord décrire en premier lieu la procédure à suivre pour la création et la configuration matérielle d'un projet d'automatisation ainsi que la structure d'un projet et en second lieu nous posséderons 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.

IV.2. Systèmes automatisés :

IV.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.

IV.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.

IV.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]

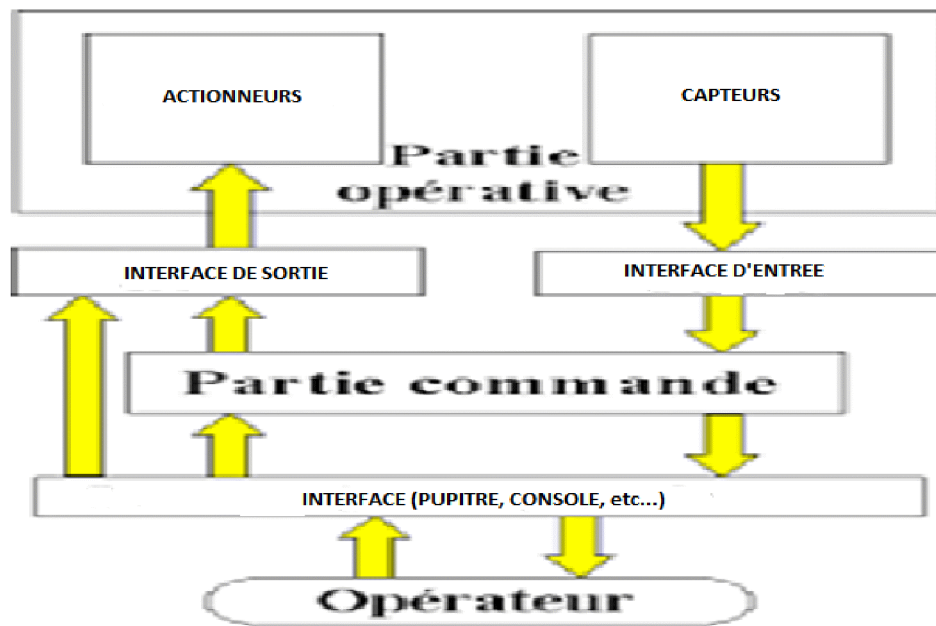


figure IV. 1: Schéma d'organisation d'un système automatisé.

IV.3. Modélisation du fonctionnement

IV.3.1. Grafset :

IV.3.1.1. Définition :

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

IV.3.1.2. Eléments de base du GRAFCET :

Un Grafset 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 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.

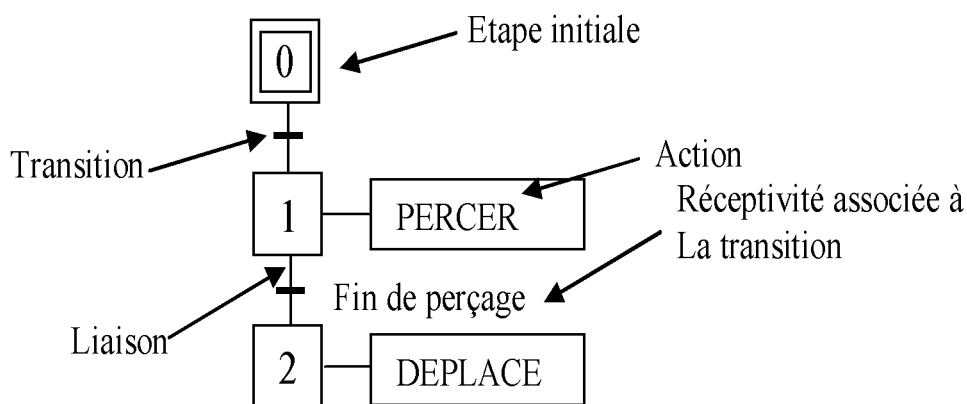


figure IV. 2 : Eléments de base d'un GRAFCET.

IV.3.2. Elaboration de GRAFCET de l'unité de dessalement :

IV.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.

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 débloquées 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.

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.

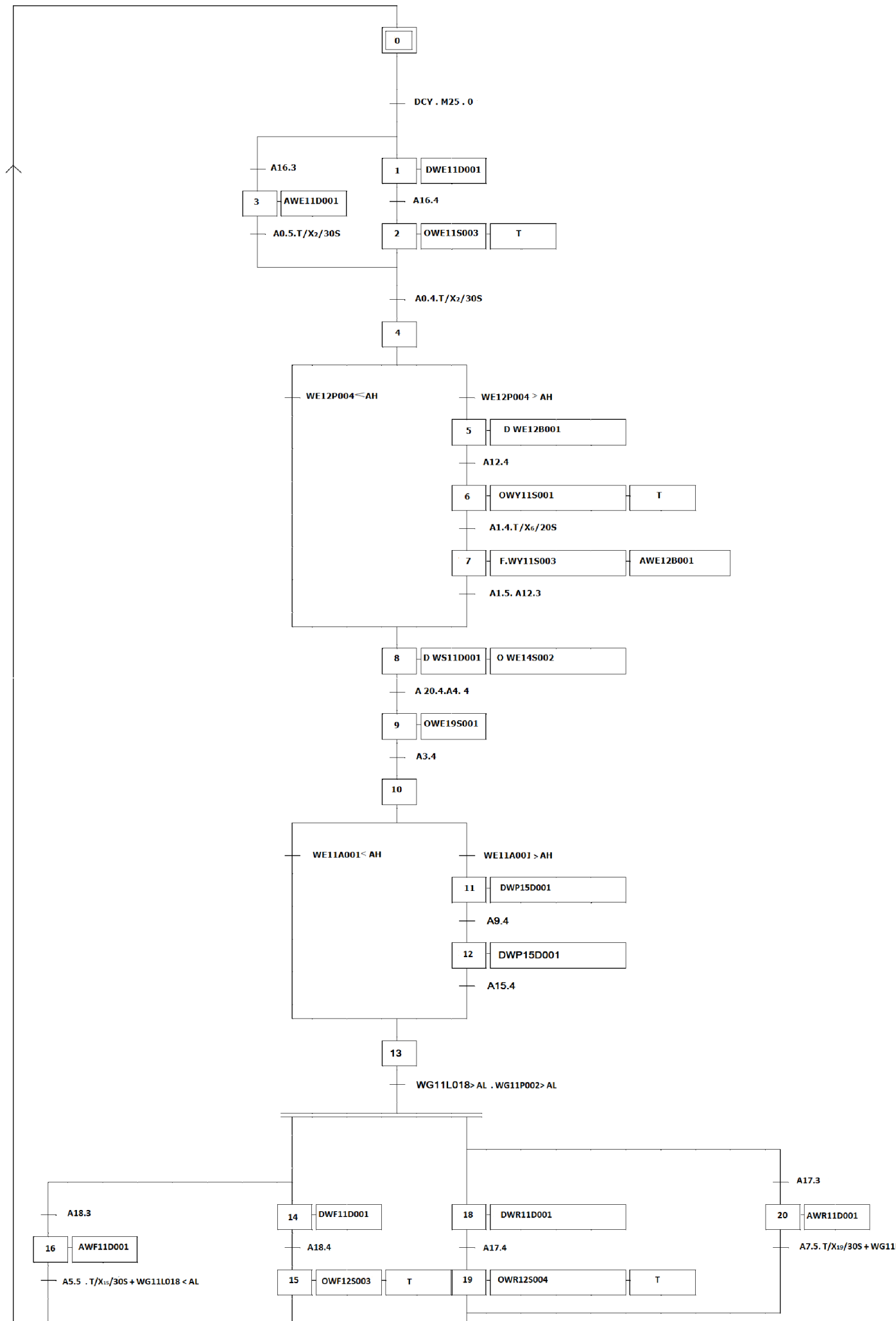
-si l'alarme de niveau de distillat WG11L019AL est affichée, la pompe WJ11D001 est verrouillée.

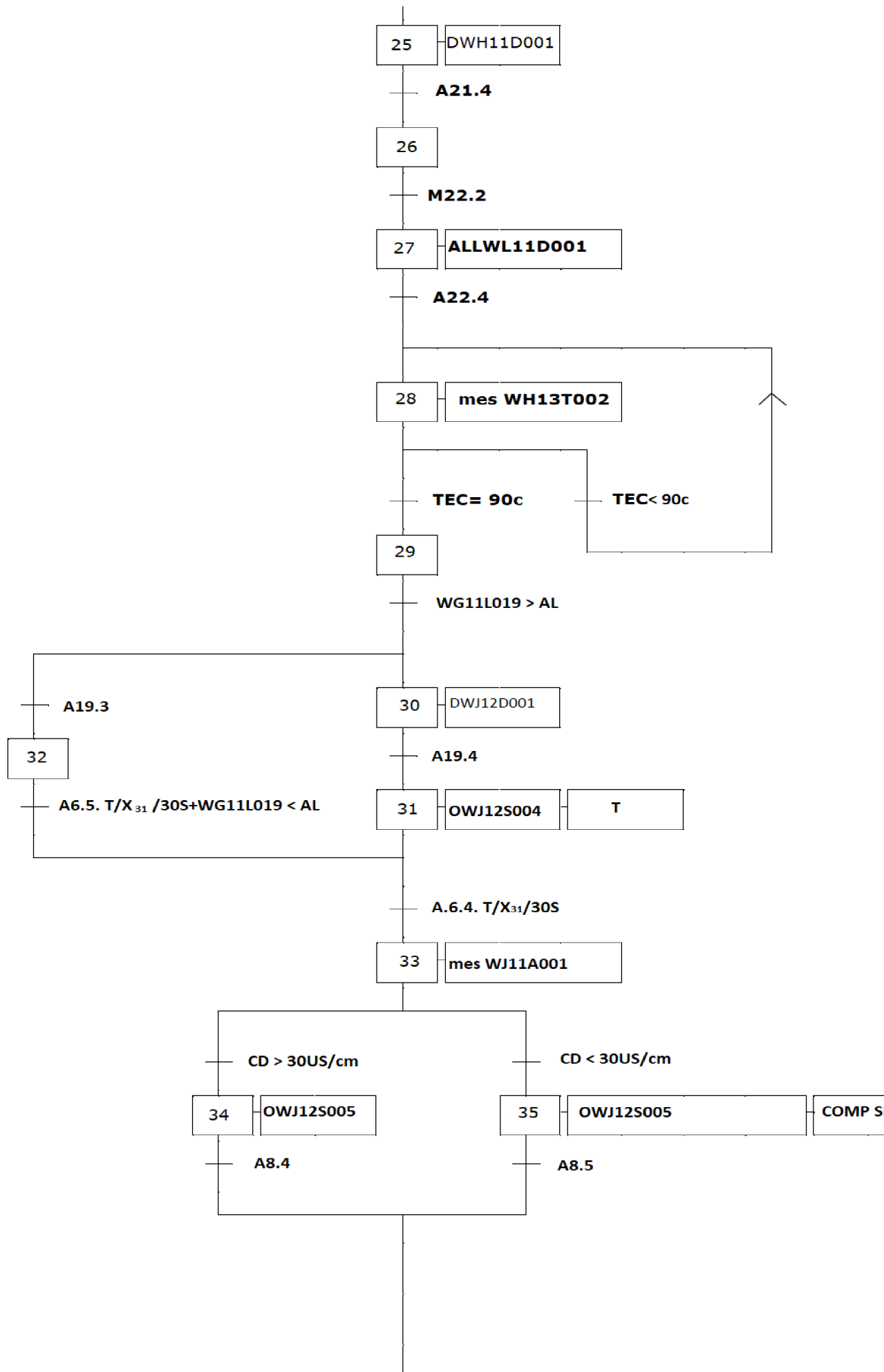
11- si la mesure de la conductivité WJ12A001 est supérieur à 30us/cm, le clapet de basculement WJ12S005 s'ouvre pour évacuer le distillat vers le rejet.

-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.

IV.3.2.2. Modélisation par Grafcet :

Pour modéliser le mode de démarrage des unités de dessalement on a opter pour le Grafcet niveau 3 implanté dans le logiciel AUTOMGEN, représenté par la figure.





• **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 IV. 1 : Les actions pour le démarrage.

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

Le tableau IV.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
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 IV. 2 : Tableau des réceptivités utilisées pour le démarrage.

IV.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 belgard belite 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 clapet WE11S003.

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

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

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 IV. 3 : Tableau des actions utilisées pour l'arrêt des unités 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 IV. 4 : Tableau des réceptivités utilisées pour l'arrêt.

IV.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.

IV.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 IV.4)

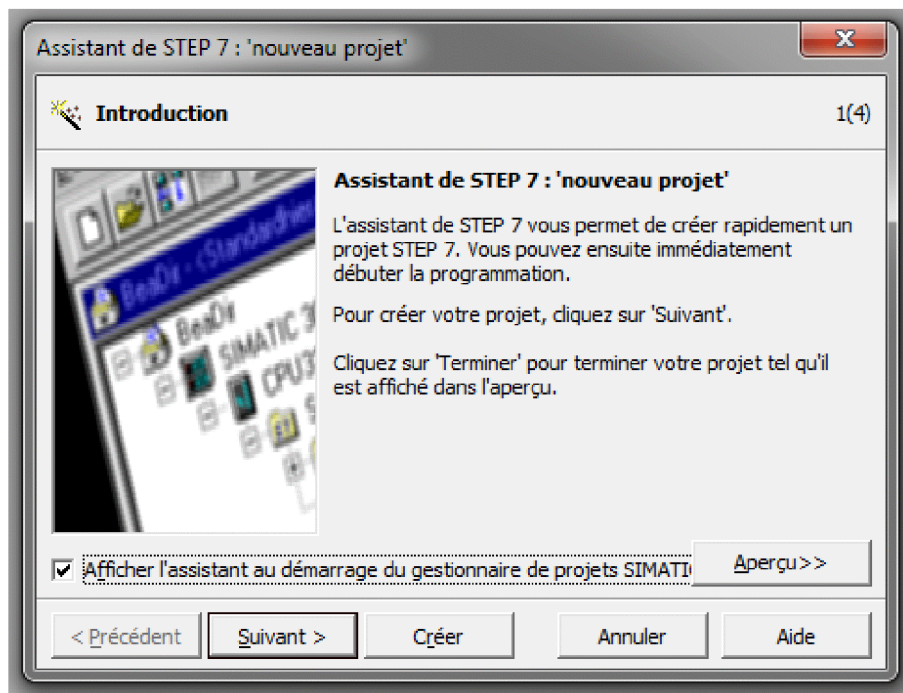


figure IV. 4 : Page de démarrage assistant de STEP7.

- ✚ **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 IV.5)

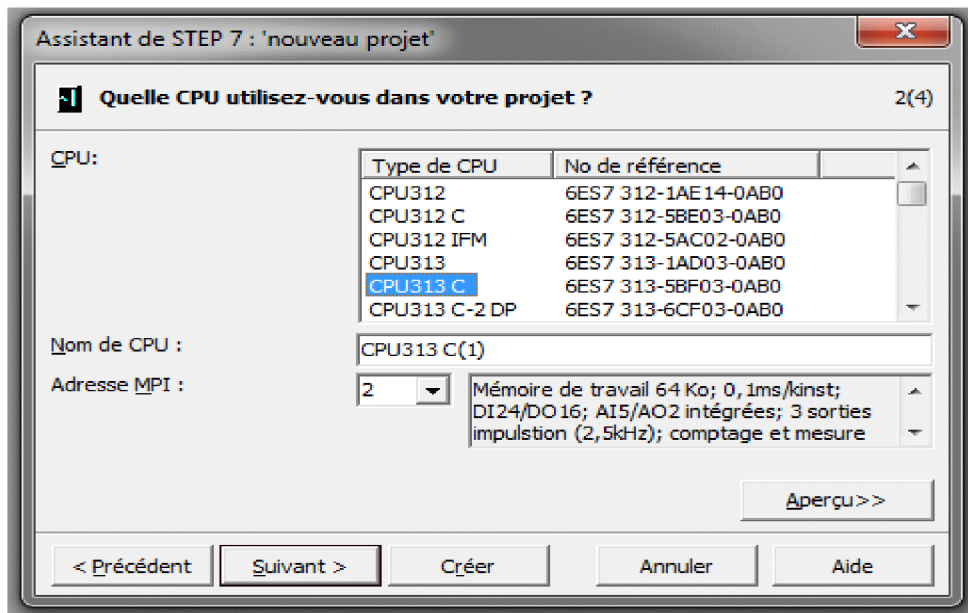


figure IV. 5 : Choix de CPU.

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 IV.6)

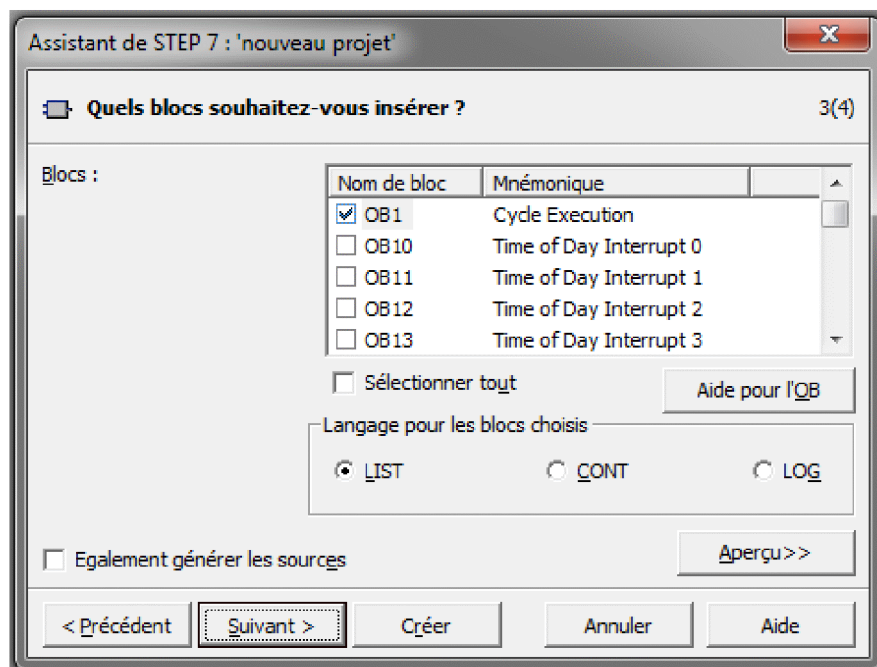


figure IV. 6 : Sélection du langage et des blocs.

- ✚ **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 IV.7)

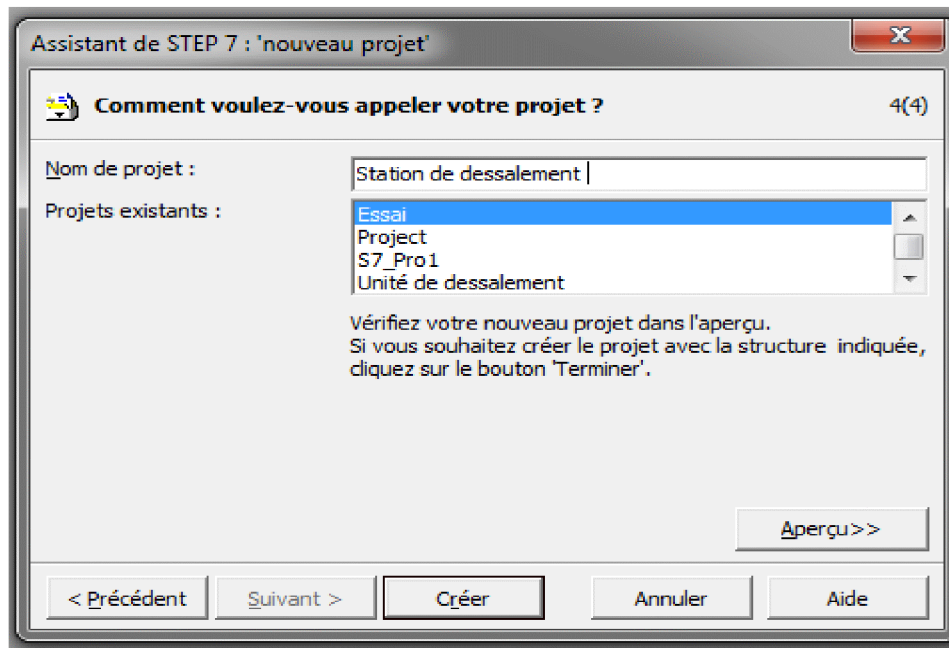


figure IV. 7 : Affectation d'un nom au programme.

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 IV.8)

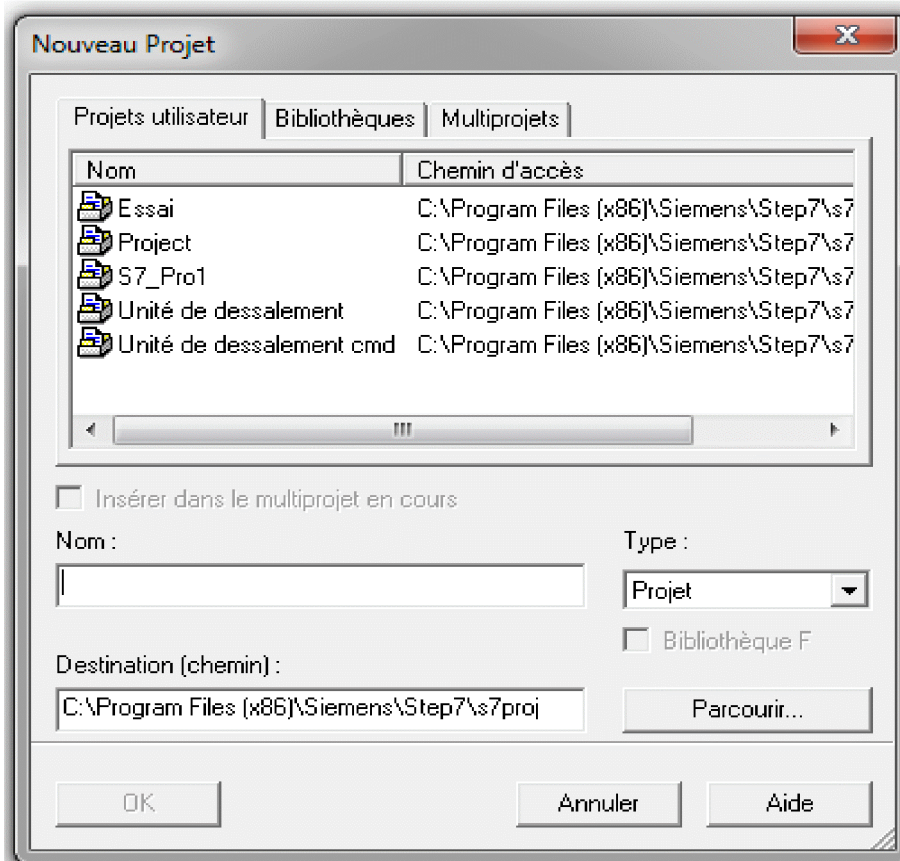


figure IV. 8 : Création d'un nouveau projet.

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 IV.9)

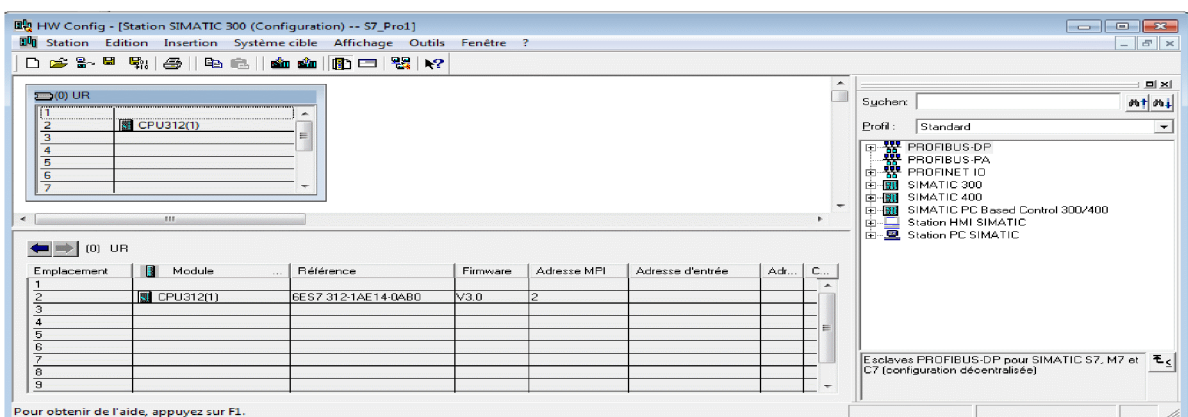


figure IV. 9 : Création d'une station.

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

IV.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 »

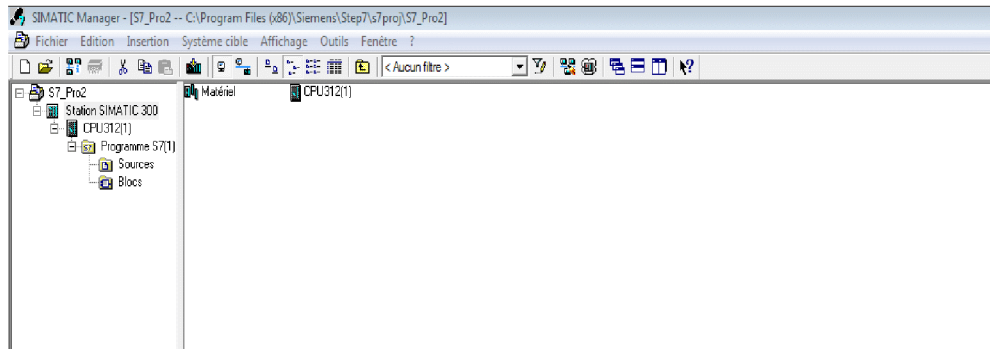


figure IV. 10 : Les composantes de la station.

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

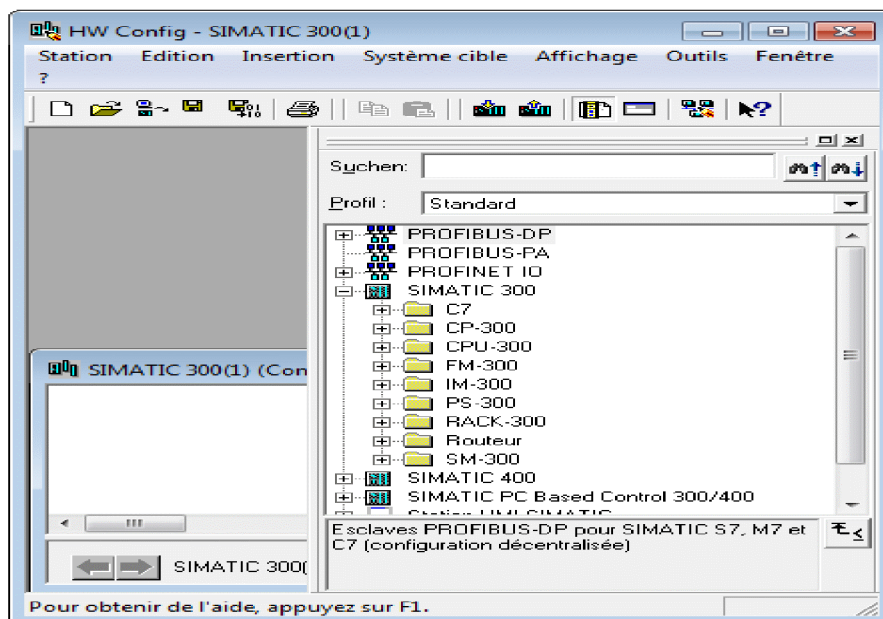


figure IV. 11 : Catalogue de matériel.

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 DO16 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 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	DI24/DO16				124...126	124...126	
2.3	AI5/AO2				162...161	162...165	
2.4	Comptage				168...163	168...163	
3	IM 360	6ES7 360-3AA00-0AA0			2000		
4	SI FLOW FCO70	7ME4 120-2DH 200EA0			255...271	255...271	
5	SI WAREX U-2	7MH4960-2AA01			272...287	272...287	
6							
7							
8							
9							
10							
11							

figure IV. 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 inséré dans le projet, comme indique dans la figure suivante.

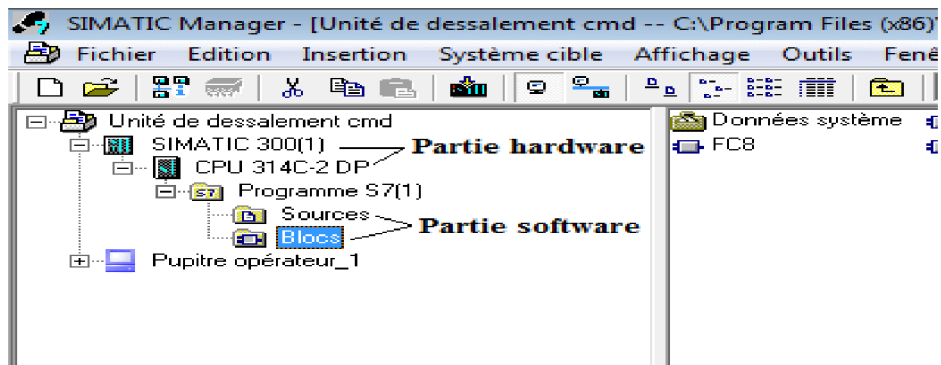


figure IV. 13 : Hiérarchie d'un projet STEP7.

IV.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 :

	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 FERMATURE	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 WR12-S004 10%	A 2.2	BOOL	



figure IV. 14 : Table mnémoniques relatives au poste de relèvement.

IV.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.

IV.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.

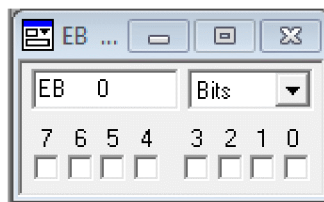


figure IV. 15 : Fenêtre pour accéder aux variables d'entres.

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

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

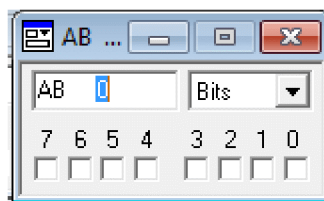


figure IV. 16 : Fenêtre pour accéder aux variables de sorties.

- 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.

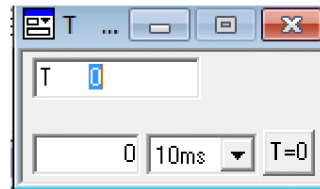


figure IV. 17 : Réglage de temporisation.

- 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.

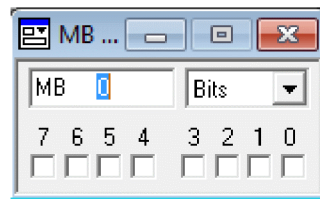


figure IV. 18 : Fenêtre pour mémentos.

- 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

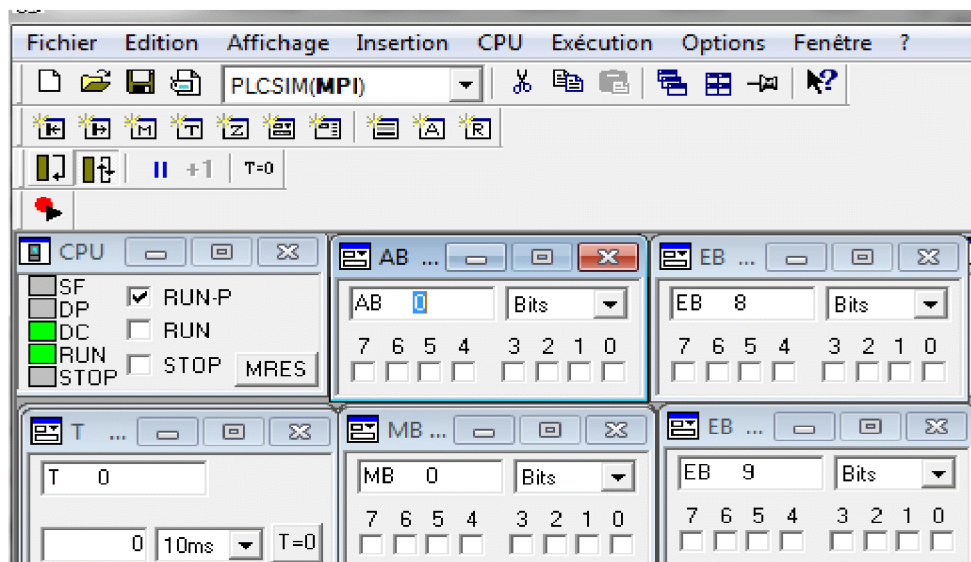


figure IV. 19 : Fenêtre pour la mise en marche de la simulation.

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.

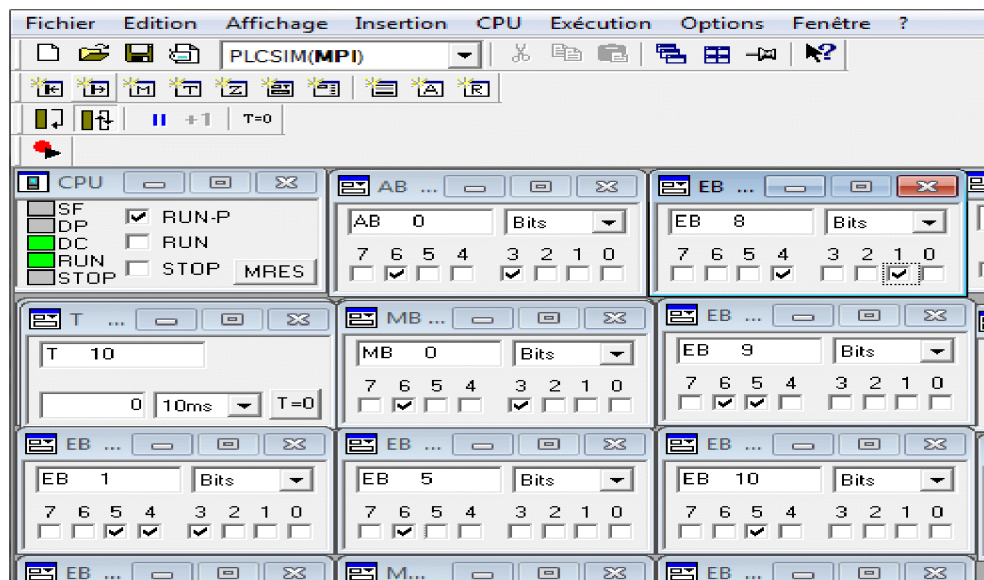


figure IV. 20 : Visualisation de programme.

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.

IV.4. Le programme de démarrage :

IV.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	

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	

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 IV. 5 : Table des mnémonique.

IV.4.2. Le programme :

SIMATIC S7_Pro1\Station 10/09/2017 11:24:16
SIMATIC 300\CPU312(1)\...\OB1 - <offline>

OB1 - <offline>

"Cycle Execution"

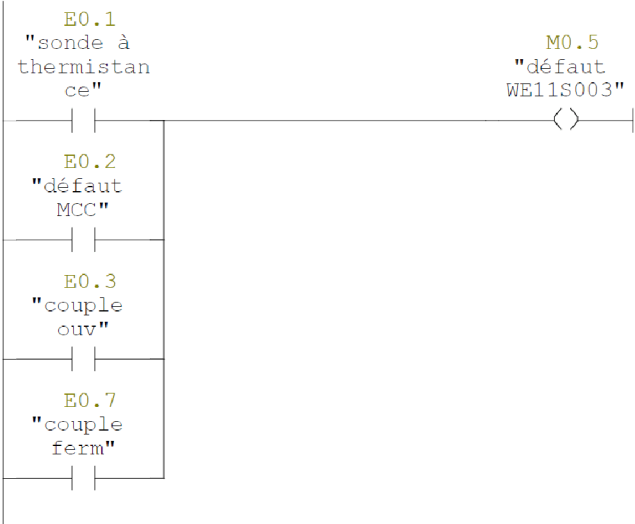
Nom : Famille :
Auteur : Version : 0.1
Version de bloc : 2
Horodatage Code : 08/09/2017 21:30:33
Interface : 15/02/1996 16:51:12
Longueur (bloc/code /données locales) : 00948 00756 00030

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 IV : Programme de commande de la station de dessalement

Réseau : 1 Memento M0.5

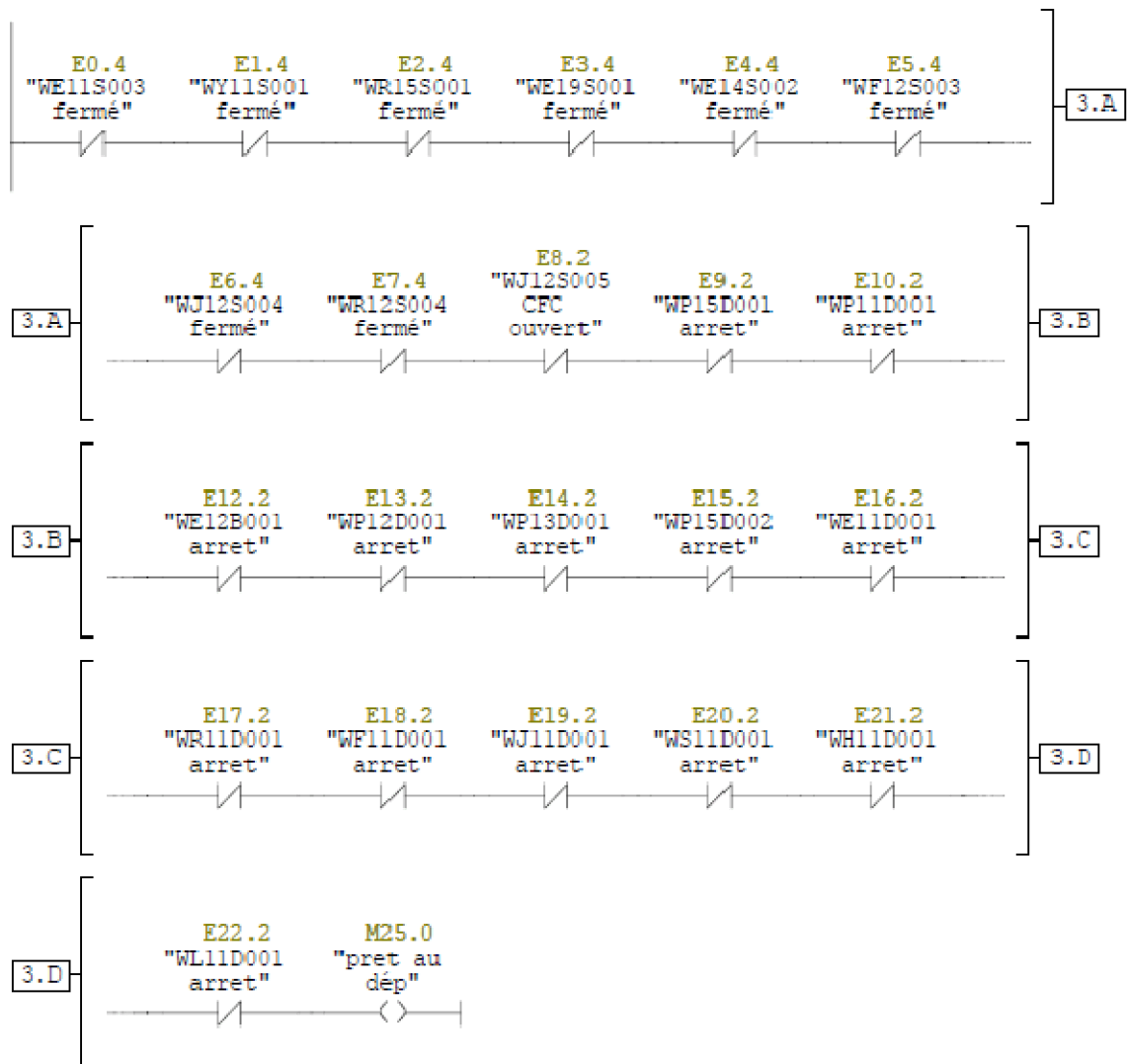


Réseau : 2 Memento M16.4



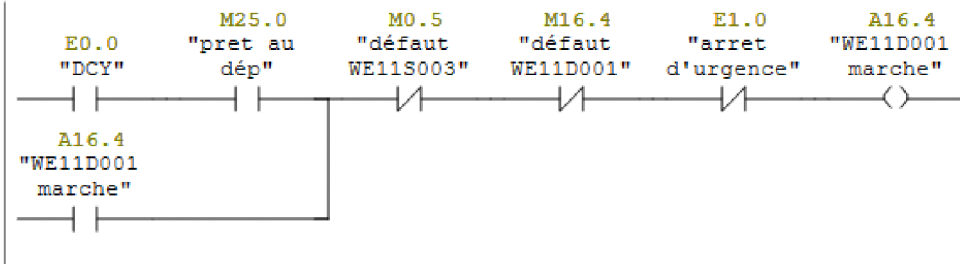
Réseau : 3 Mémento M25.0

Pret au départ



Chapitre IV : Programme de commande de la station de dessalement

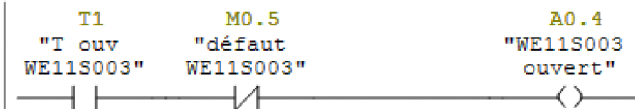
Réseau : 4 Démarrage pompe WE11D001



Réseau : 5 temporisation d'ouverture clapet WE11S003



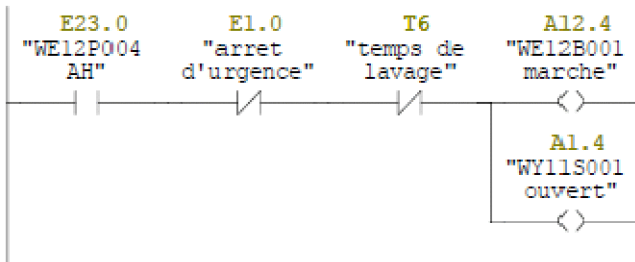
Réseau : 6 Ouverture WE11S003



Réseau : 7 temps de lavage

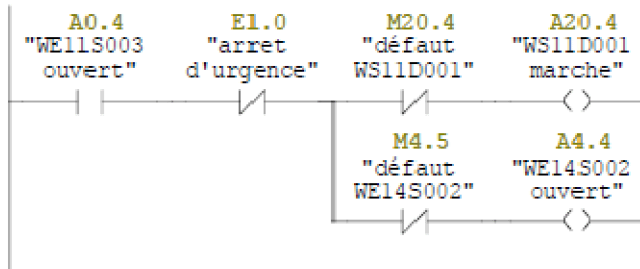


Réseau : 8 démarrage filtre auto-nettoyant

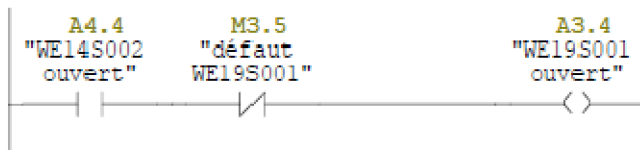


Chapitre IV : Programme de commande de la station de dessalement

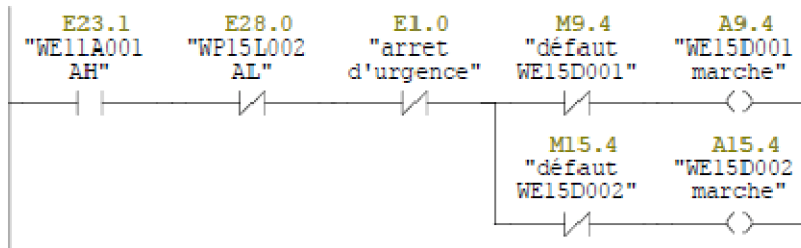
Réseau : 9 démarrage pompe de création du vide



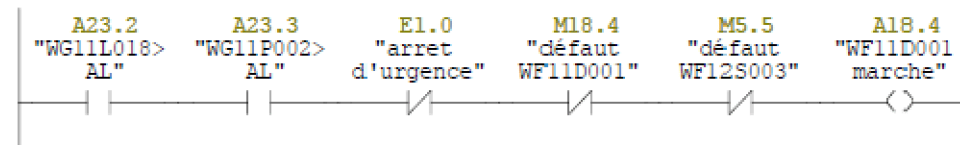
Réseau : 10 ouverture du clapet d'appoint évaporateur



Réseau : 11 démarrage pompe de bisulfite de sodium



Réseau : 12 démarrage pompe de rejet de saumure

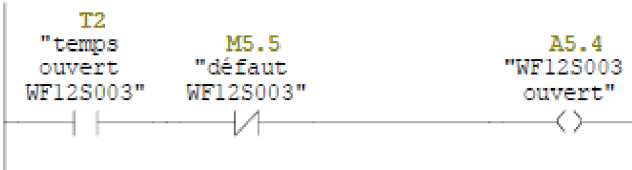


Réseau : 13 temporisation d'ouverture clapet WF12S003

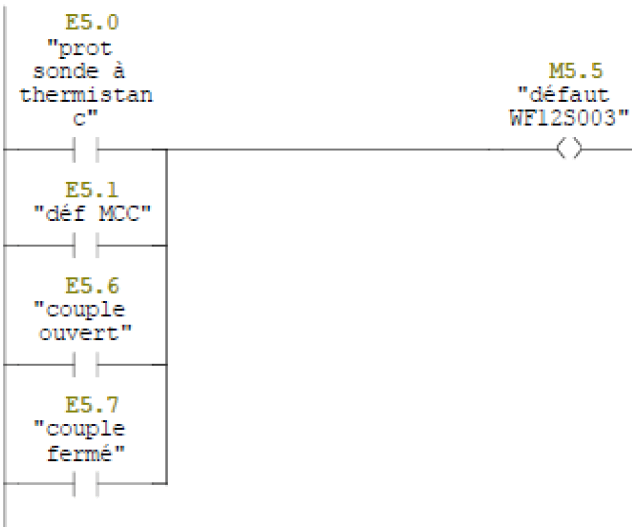


Chapitre IV : Programme de commande de la station de dessalement

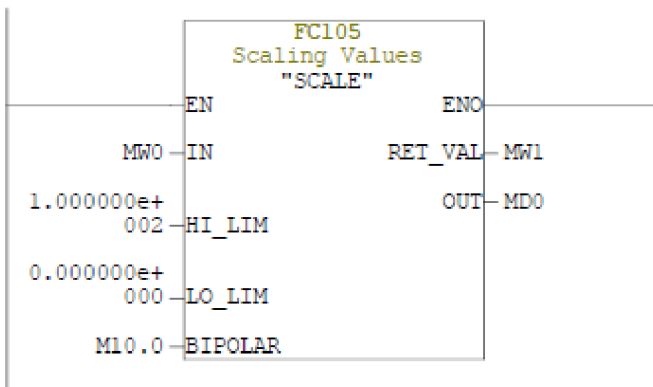
Réseau : 14 ouverture clapet WF12S003



Réseau : 15 memento M5.5

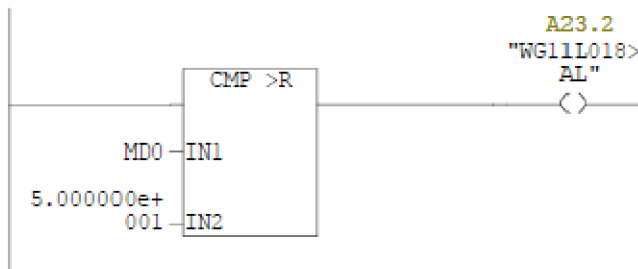


Réseau : 16 mesure du niveau de saumure dans l'évaporateur

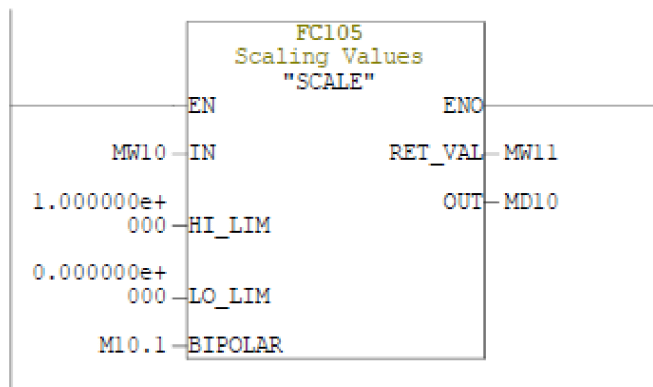


Chapitre IV : Programme de commande de la station de dessalement

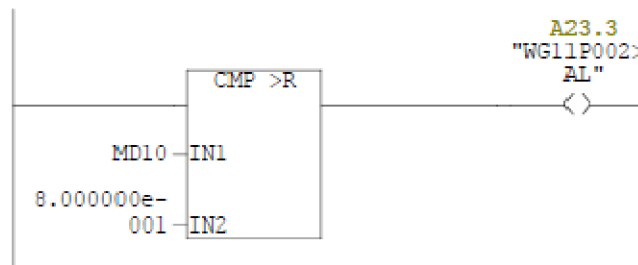
Réseau : 17 niveau de saumure supérieur à 400mm



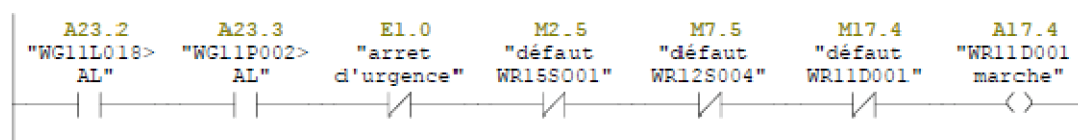
Réseau : 18 mesure de pression dans l'évaporateur



Réseau : 19 vide dans l'évaporateur supérieur à 0.8 bars



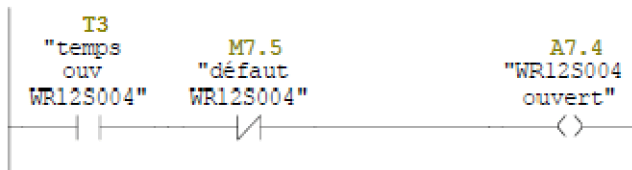
Réseau : 20 démarrage pompe de recirculation de saumure



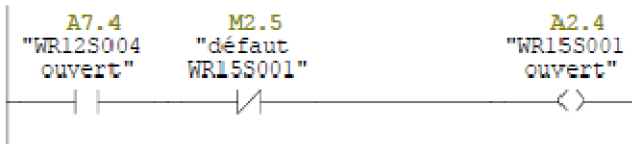
Réseau : 21 temporisation d'ouverture clapet WR12S004



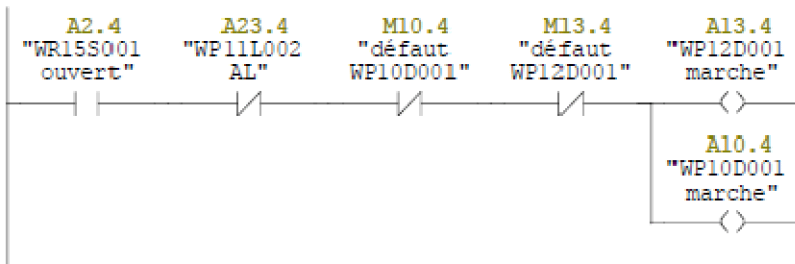
Réseau : 22 ouverture clapet WR12S004



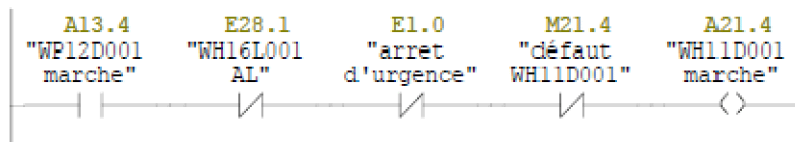
Réseau : 23 ouverture clapet WR15S001



Réseau : 24 démarrage pompe belgard et belite avec son agitateur

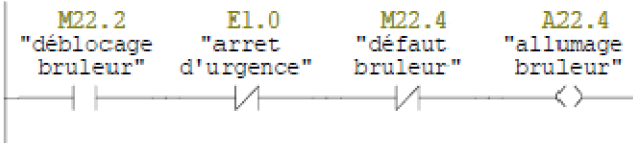


Réseau : 25 démarrage pompe d'eau chaude

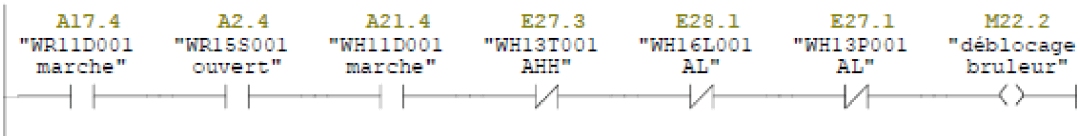


Chapitre IV : Programme de commande de la station de dessalement

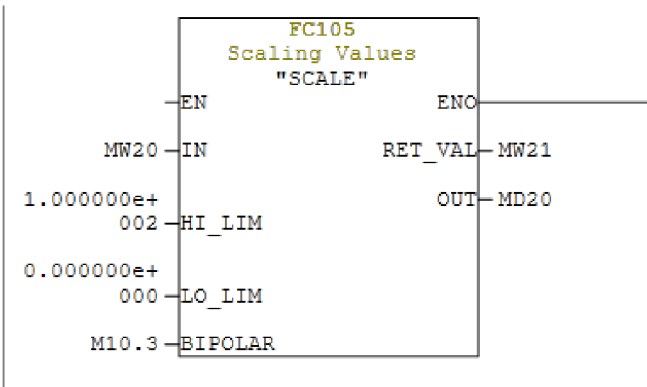
Réseau : 26 allumage bruleur



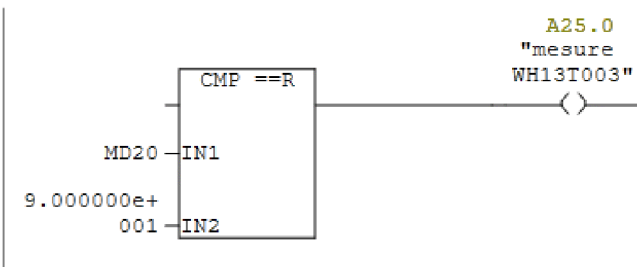
Réseau : 27 mémento M22.2



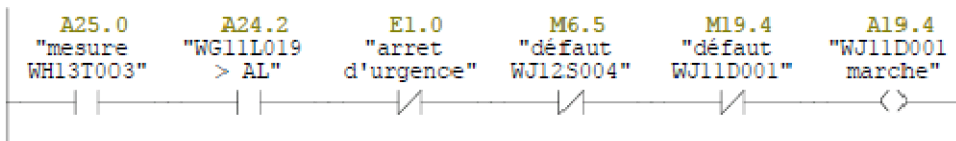
Réseau : 28 mesure temperature d'eau chaude



Réseau : 29 température d'eau chaude égale à 90c



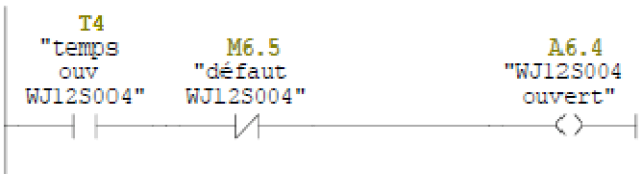
Réseau : 30 démarrage pompe du distillat



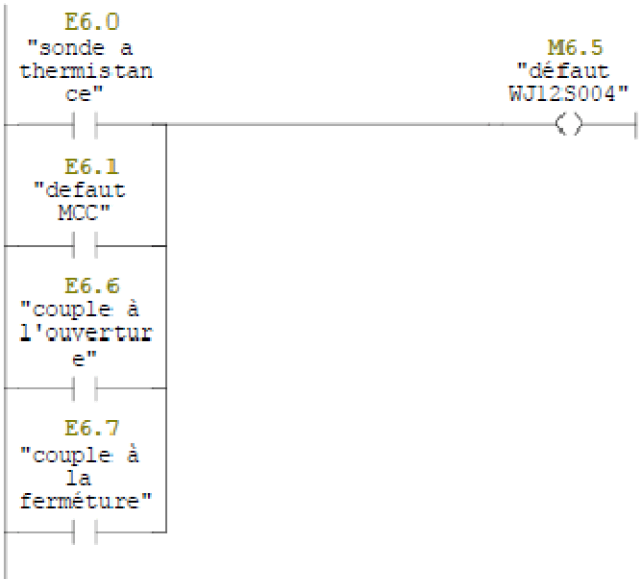
Réseau : 31 temporisation d'ouverture clapet WJ12S004



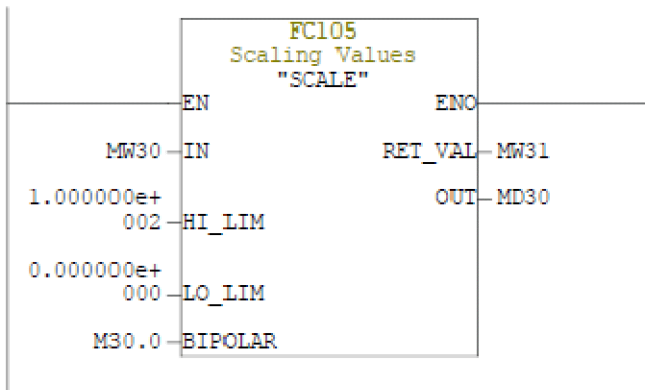
Réseau : 32 ouverture clapet WJ12S004



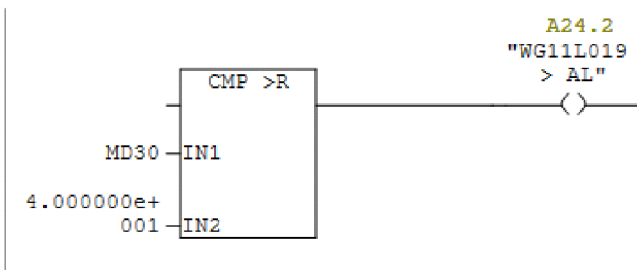
Réseau : 33 memento M6.5



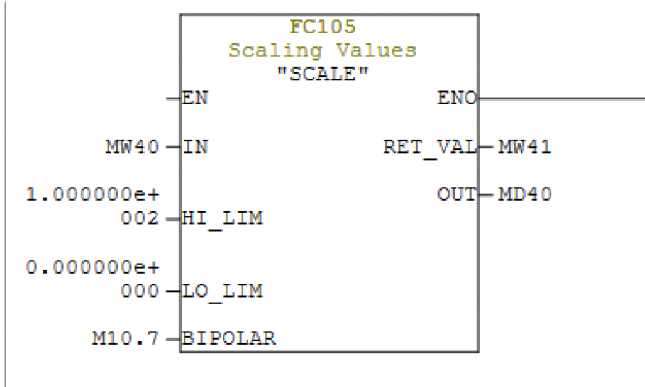
Réseau : 34 mesure niveau du distillat



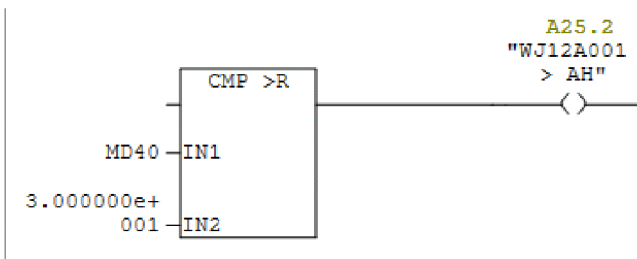
Réseau : 35 niveau distillat superieur à 250 mm



Réseau : 36 mesure conductivité du distillat

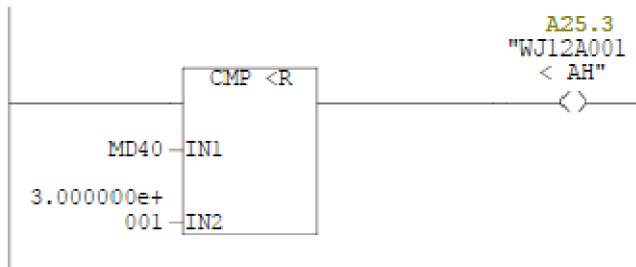


Réseau : 37 conductivité superieure à 30 us/cm

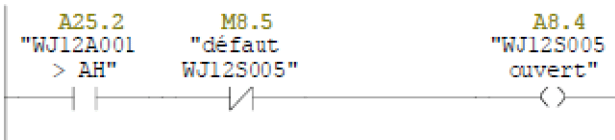


Chapitre IV : Programme de commande de la station de dessalement

Réseau : 38 conductivité inférieure à 30 us/cm

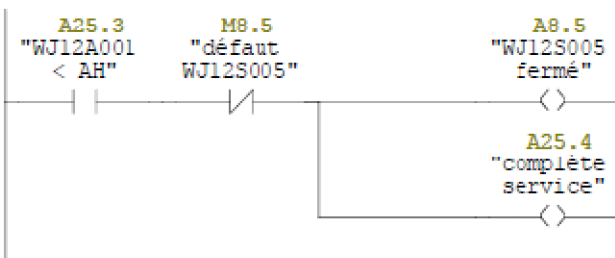


Réseau : 39 clapet WJ12S005 ouvert: unité de dessalement vers rejet

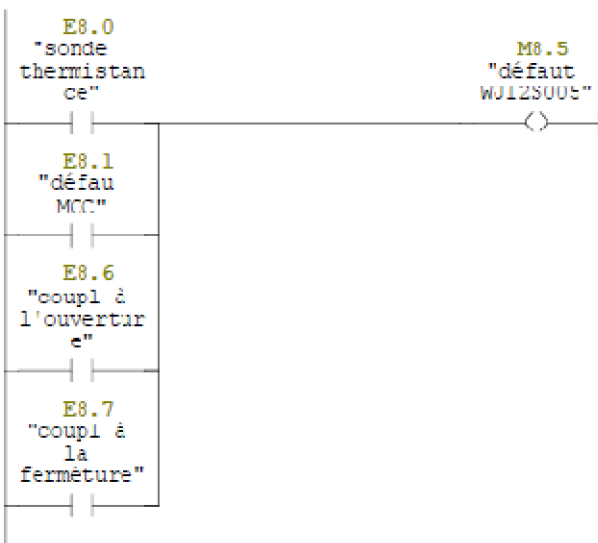


Réseau : 40 clapet WJ12S005 fermé: unité de dessalement vers stockage

unité complètement en service.



Réseau : 41 memento M8.5



IV.5. Conclusion :

dans ce chapitre nous avons modéliser 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 présenter un aperçu sur l'utilisation du logiciel STEP7, la création du projet, la création du programme utilisateur et la configuration matérielle.

On a présenté aussi le logiciel S7-PLCSIM qui est un outil indispensable à la simulation des programmes et des concepts de commande automatisé.

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

Conclusion

Conclusion générale

l'élaboration de cette présente thèse nous a permis d'approfondir et d'enrichir nos connaissances sur les automates programmables, en éclairant certaines idées et points sombres qui nous semblaient mystérieux.

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

On constate que les visites effectuées dans le cadre de notre stage à l'entreprise (pôle TV/TG Centre, Centrale thermique RAS-DJINET) ont un grand apport en termes d'information et de connaissance pratique reçues sur le terrain.

Ce stage constitue un compliment indispensable pour la formation d'un étudiant de niveau Master, car il lui permet une transition facile de la formation au domaine de travail. C'est dans cet environnement de diversité technologique des différentes installations que nous avons élaboré ce travail basé sur l'automatisation, profitant ainsi de l'expérience des travailleurs de l'entreprise pour mieux comprendre les procédés industriels.

nous rappelons que nous n'avons pas pris en compte l'interface de supervision de ces unités qui est limitée actuellement à un synoptique avec des leds et un pupitre de commande avec des alarmes sonores et lumineuses.

nous pouvons citer également une autre perspective qui consiste à relier les automates des quatre unités de dessalement via un réseau PROFIBUS pour entrer dans une nouvelle technique de commande dite contrôle commande.

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

Bibliographie

Bibliographie

- [1] : Documentation interne de la centrale thermique de RAS-DJINET.
- [2] : Documentation technique des constructeurs de la centrale (siemens Autriche, siemens KWU Allemagne, SGP Autriche...).
- [3] : KVVU, service de formation professionnelle, circuit de dessalement d'eau de mer N°d'enregistrement 5515.
- [4] :Jean-Pierre Méricq « Approche intégrée du dessalement d'eau de mer », thèse de Doctorat, Université de Toulouse, Décembre 2009.
- [5] George Asch. Les capteurs en instrumentation industrielle - 7ème édition Broché.2010
- [6] : KWU, service de formation professionnelle, circuit eau vapeur N° d'enregistrement 5512
- [7] : S.HAMADOUCHE et S.CHABA, automatisation et supervision de l'envoi du sirop fini vers les lignes de production de l'usine FRUITAL COCA COLA.
- [8] :« G.MICHEL » Les API, architecture et application des automates programmable industrielles. Edition 1988. DUNOD.
- [9]: 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
- [10] : SIEMENS. SIMATIC S7-SCL V5.3 pour S7-300/400-Manuel.
- [11] : Thèse ING ELN 39 2007 « UMMTO » Automatisation de production d'hydrogène de la centrale thermique de RAS-DJINET par un automate programmable S7-300.
- [12] : SIEMENS, « Gettingstarted », SIMATIC, 2008.
- [13] : C.T.JONES, « STEP in STEP7 », first édition, apratical guide to implementing S7-300/S7-400 programmation Controller et validation en ligne par un système SCADA », thèse Magister, 2014.

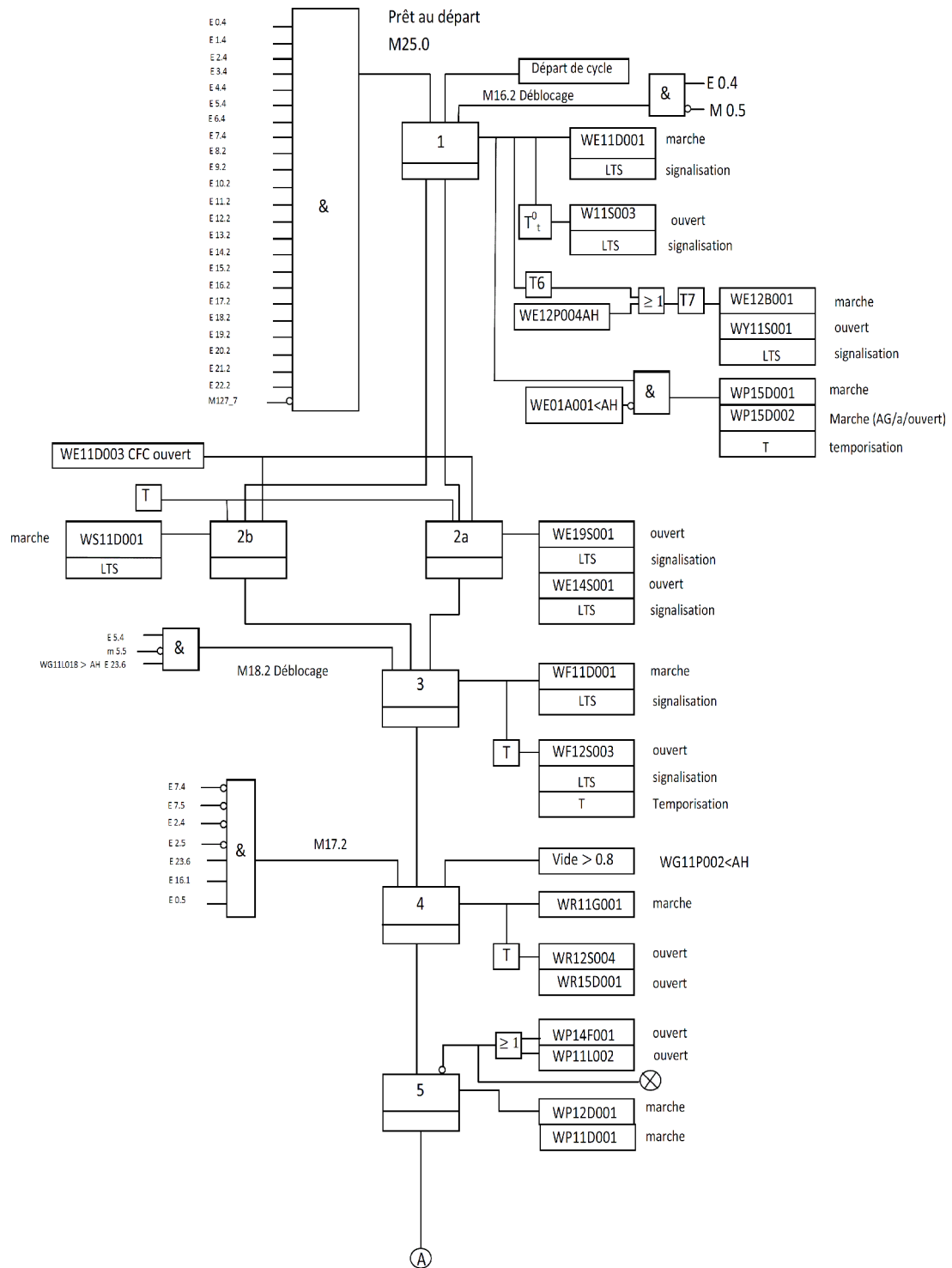
[14] : S.BOUSSADA et K.BAKIR, automatisation et supervision d'un processus de pasteurisation du lait.

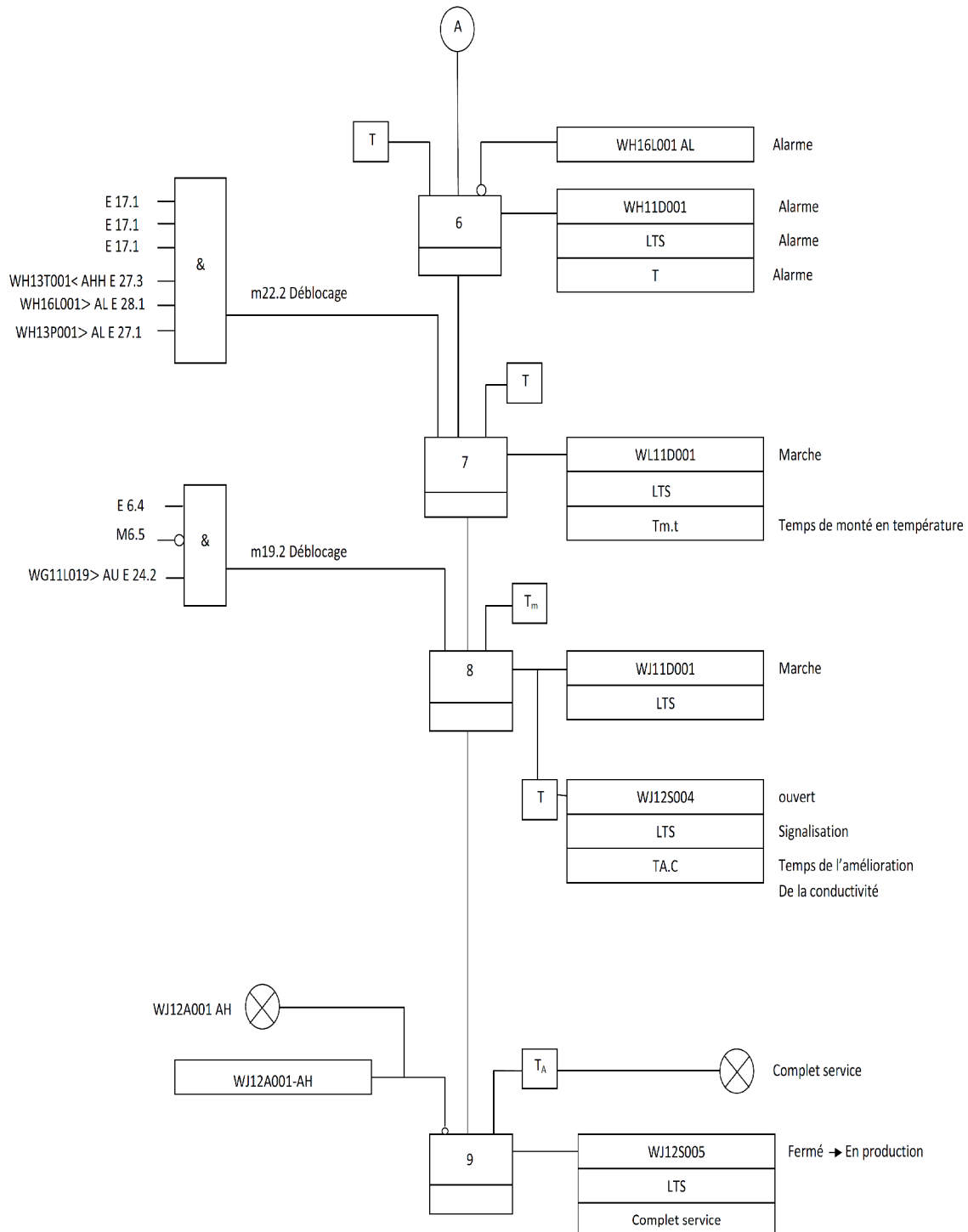
[15] George Asch. Les capteurs en instrumentation industrielle - 7ème édition Broché.2010

ANNEXE

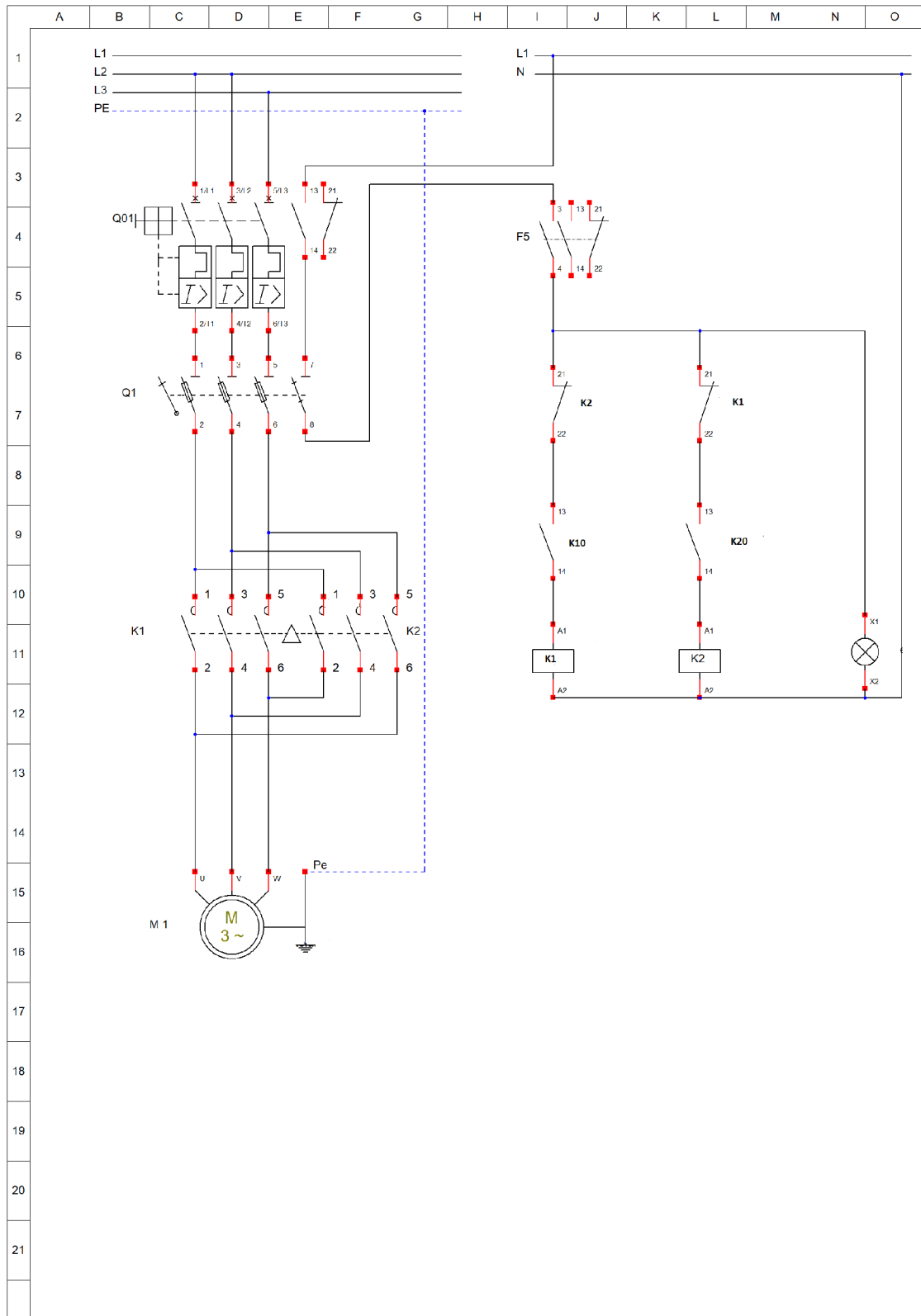
Schéma fonctionnel :

Pour éclaircir le mode de démarrage donné par le cahier de charge des unités de dessalement nous avons adopté un schéma fonctionnel explicite, qui décrit les différentes étapes de démarrage.



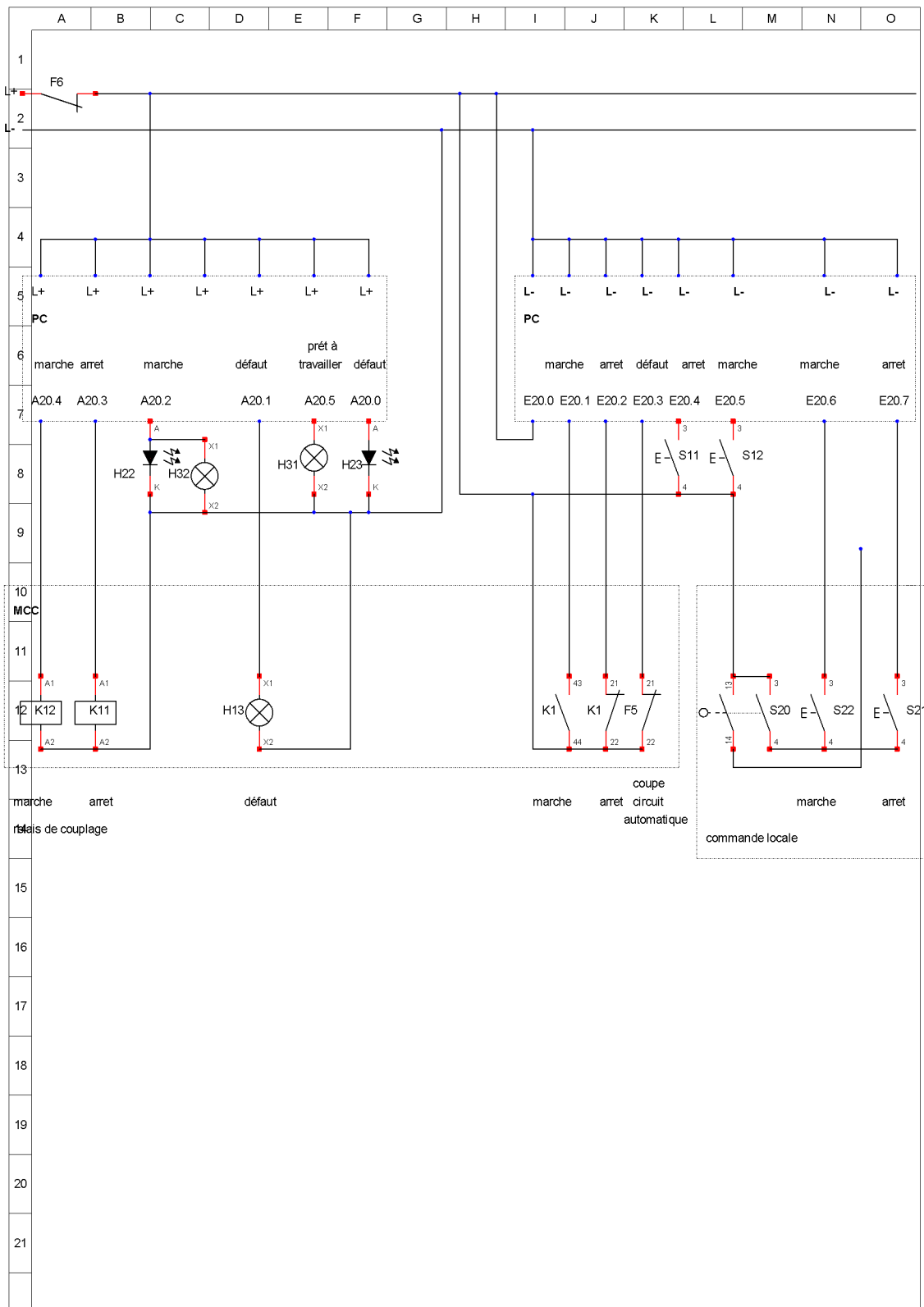


ANNEXE II : Schémas de puissance et de commande du clapet

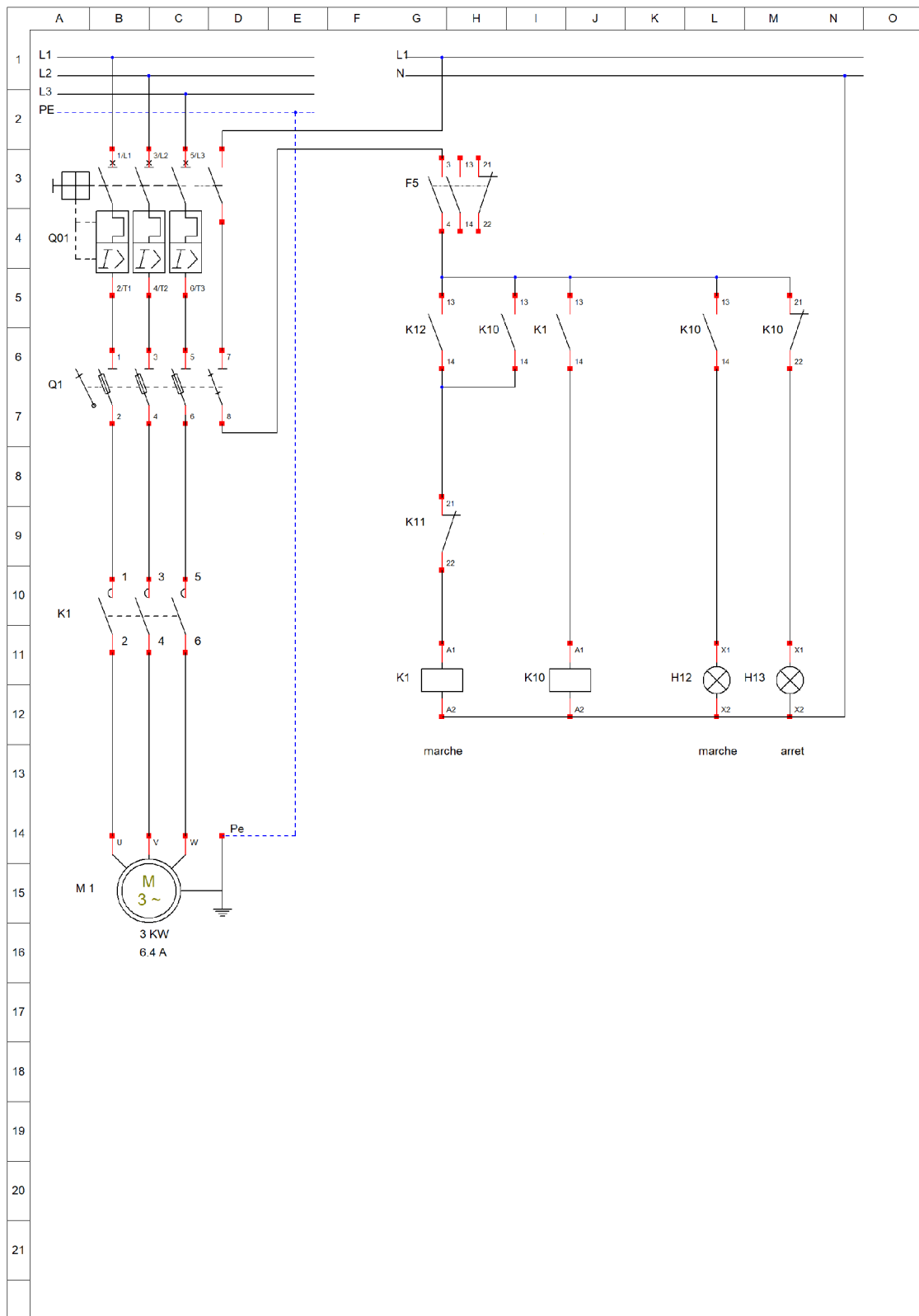


-schéma de puissance et de commande du clapet de recirculation de saumure-

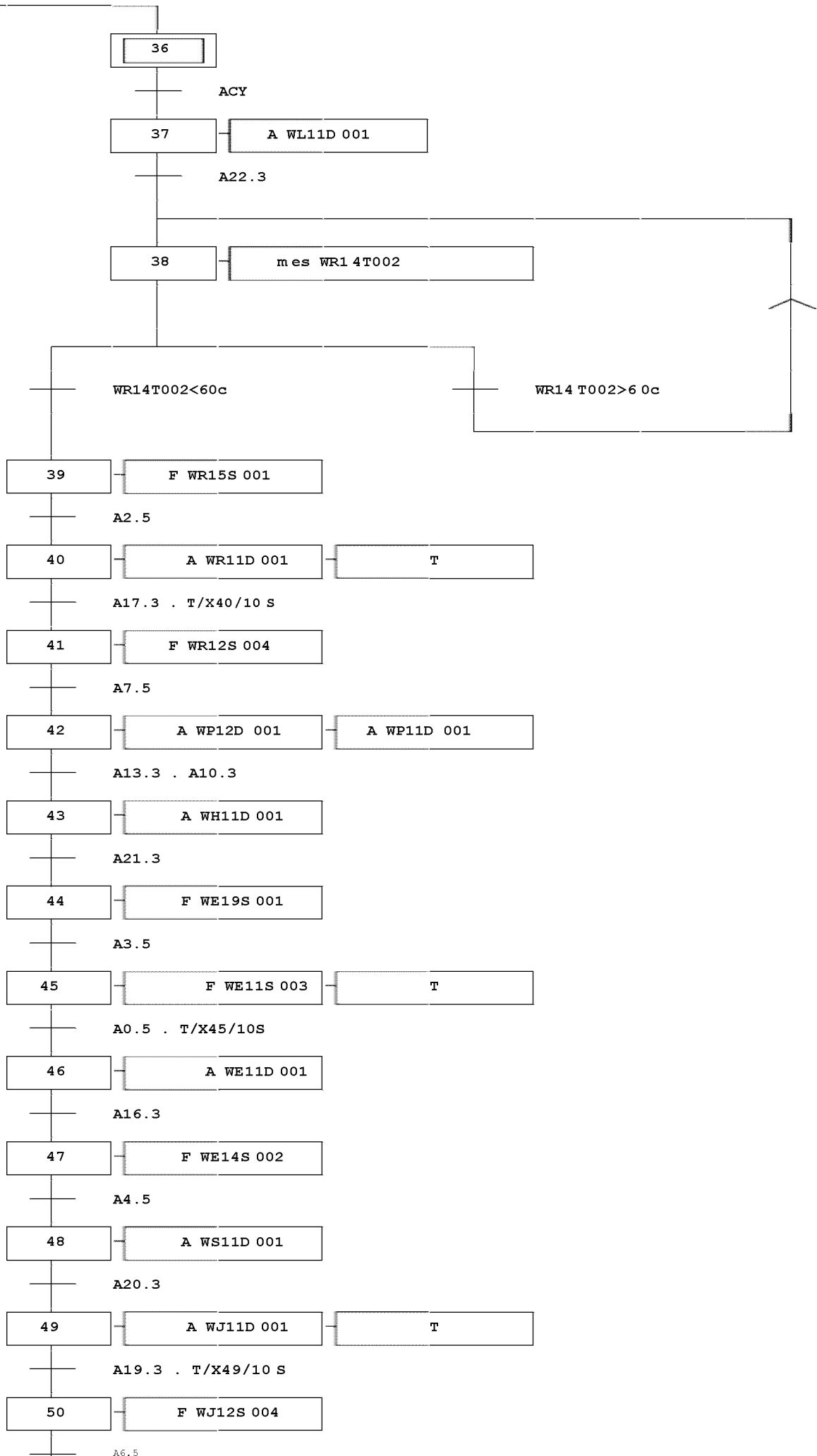
ANNEXE III : Schémas de puissance et de commande de la pompe d'eau motrice



ANNEXE III : Schémas de puissance et de commande de la pompe d'eau motrice



-schéma de puissance et de commande d'une pompe d'eau motrice-



ANNEXE V : Programme de l'arrêt des unités de dessalement

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	ACY	E 0.1	BOOL	
	arrêt WE11D001	A 16.3	BOOL	
	arrêt WF11D001	A 18.3	BOOL	
	arrêt WH11D001	A 21.3	BOOL	
	arrêt WJ11D001	A 19.3	BOOL	
	arrêt WL11D001	A 22.3	BOOL	
	arrêt WP11D001	A 10.3	BOOL	
	arrêt WP13D001	A 13.3	BOOL	
	arrêt WR11D001	A 17.3	BOOL	
	arrêt WS11D001	A 20.3	BOOL	
	Cycle Execution	OB 1	OB 1	
	MES T REC SAUM	A 0.1	BOOL	
	pret au départ	A 0.3	BOOL	
	SCALE	FC 105	FC 105	Scaling Values
	temps fermeture WE11S003	T 2	TIMER	
	temps fermeture WF12S004	T 4	TIMER	
	temps fermeture WJ12S004	T 3	TIMER	
	temps fermeture WR12S004	T 1	TIMER	
	WE11S003 fermé	A 0.5	BOOL	
	WE12S004 fermé	A 4.5	BOOL	
	WE19S001 fermé	A 3.5	BOOL	
	WF12S003 fermé	A 5.5	BOOL	
	WJ12S004 fermé	A 6.5	BOOL	
	WR12S004 fermé	A 7.5	BOOL	
	WR15S001 fermé	A 2.5	BOOL	

- table des mnémoniques arrêt -

ANNEXE V : Programme de l'arrêt des unités de dessalement

- Le programme de l'arrêt :

SIMATIC S7_arret des unités\Station 17/09/2017 11:27:25
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 09:50:08
Interface : 15/02/1996 16:51:12
Longueur (bloc/code /données locales) : 00352 00206 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

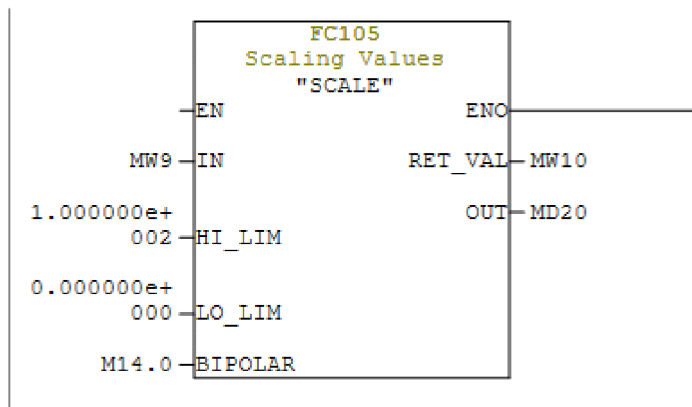
Bloc : OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"

Réseau : 1 arret de bruleur

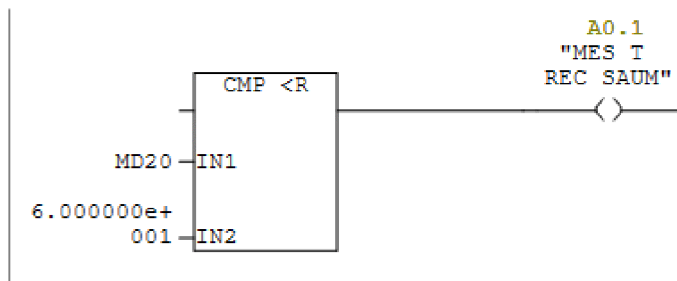


ANNEXE V : Programme de l'arrêt des unités de dessalement

Réseau : 2 mesure température d'eau chaude



Réseau : 3 température de recirculation de saumure inferieur à 60c



Réseau : 4 fermeture de clapet WR15S001

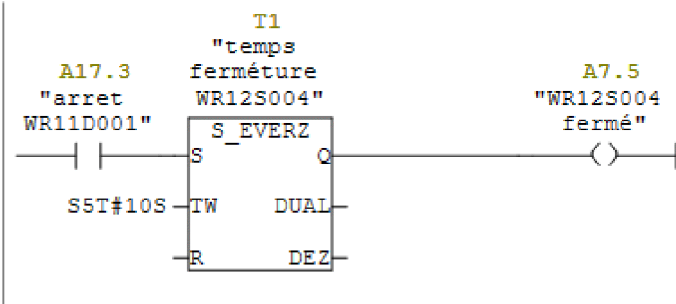


Réseau : 5 arret de la pompe WR11D001

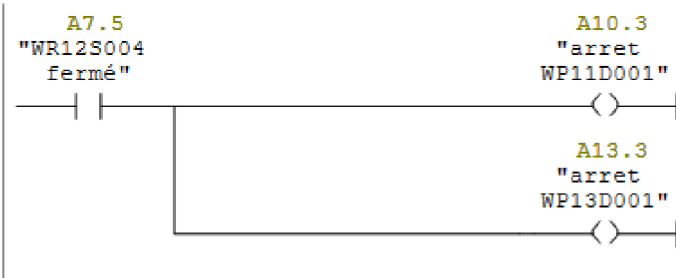


ANNEXE V : Programme de l'arrêt des unités de dessalement

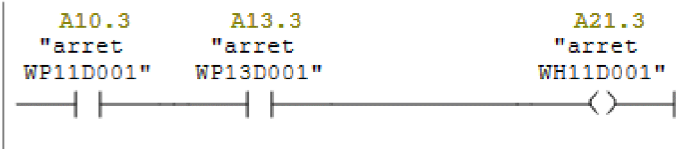
Réseau : 6 fermeture clapet WR12S004



Réseau : 7 arret agitateur et pompe belgard



Réseau : 8 arret de la pompe d'eau chaude

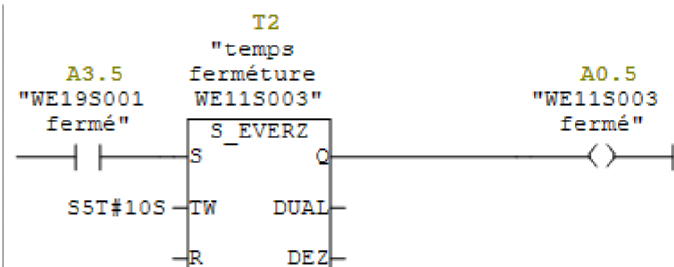


Réseau : 9 fermeture clapet WE19S001



ANNEXE V : Programme de l'arrêt des unités de dessalement

Réseau : 10 fermeture clapet WE11S003



Réseau : 11 arrêt de la pompe WE11D001



Réseau : 12 fermeture clapet WE12S004



Réseau : 13 arrêt de la pompe WS11D001

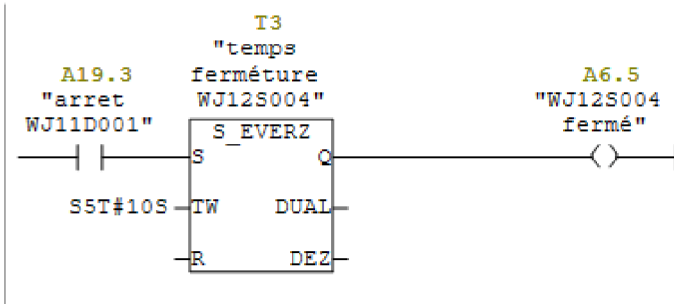


Réseau : 14 arrêt de la pompe WJ11D001



ANNEXE V : Programme de l'arrêt des unités de dessalement

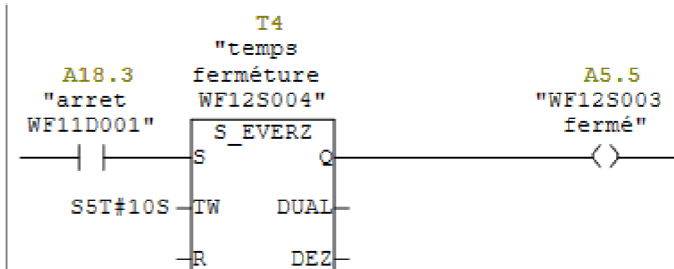
Réseau : 15 fermeture clapet WJ12S004



Réseau : 16 arret de la pompe WF11D001



Réseau : 17 fermeture clapet WF12S003



Réseau : 18 alarme pret au départ



ANNEXE VI : Programme de démarrage des unités de dessalement on utilisant des bascules

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	ALARM NIV OUT	A 0.1	BOOL	
	allumage bruleur	A 22.4	BOOL	
	arrêt d'urgence	E 0.0	BOOL	
	bouton d'arrêt	E 0.2	BOOL	
	complete service	A 25.4	BOOL	
	d filtre auto-nettoyant	A 0.2	BOOL	
	DCY	E 0.1	BOOL	
	déblocage bruleur	M 22.2	BOOL	
	defaue WF11D001	M 18.4	BOOL	
	defaut bruleur	M 22.4	BOOL	
	defaut WE11D001	M 16.4	BOOL	
	defaut WE11S003	M 0.5	BOOL	
	defaut WF12S003	M 5.5	BOOL	
	defaut WH11D0001	M 21.4	BOOL	
	defaut WJ11D001	M 19.4	BOOL	
	defaut WJ12S004	M 6.5	BOOL	
	defaut WJ12S005	M 8.5	BOOL	
	defaut WP10D001	M 10.4	BOOL	
	defaut WP12D001	M 13.4	BOOL	
	defaut WR12S004	M 7.5	BOOL	
	defaut WR15S002	M 12.5	BOOL	
	defaut wWR11D001	M 17.4	BOOL	
	M0.1	M 0.1	BOOL	
	mesure WH13T003	M 31.3	BOOL	
	pret au dep	M 25.0	BOOL	
	SCALE	FC 105	FC 105	Scaling Values
	SORTIE	MD 11	DWORD	
	T de lavage	M 30.2	BOOL	
	T ouv WE11S003	M 30.0	BOOL	
	T ouv WF12S003	M 31.0	BOOL	
	T OUV WJ12S004	M 31.4	BOOL	
	T ouv WR12S004	M 31.1	BOOL	
	T0	T 0	TIMER	
	WE11A001<AH	M 30.5	BOOL	
	WE11A001>AH	M 30.4	BOOL	
	WE11D001 marche	A 16.4	BOOL	
	WE11P004<AH	M 30.3	BOOL	
	WE11S003 ouvert	A 0.4	BOOL	
	WE12B001	A 12.4	BOOL	
	WE12B001 ARRET	A 12.3	BOOL	
	WE12POO4>AH	M 30.1	BOOL	
	WE14S002 ouvert	A 4.4	BOOL	
	WE19S001 OUVERT	A 3.4	BOOL	
	WF11D001 marche	A 18.4	BOOL	
	WF12S003 ouvert	A 5.4	BOOL	
	WG11D002 AL	M 30.7	BOOL	

ANNEXE VI : Programme de démarrage des unités de dessalement on utilisant des bascules

Etat	Mnémonique	Opérande	Type de données	Commentaire
	WG11L018 AL	M 30.6	BOOL	
	WG11L019>AL	A 24.2	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	
	WH16L001AL	M 31.2	BOOL	
	WJ11D001 marche	A 19.4	BOOL	
	WJ11L019>AL	M 31.5	BOOL	
	WJ12A001<AH	M 31.7	BOOL	
	WJ12A001>AH	M 31.6	BOOL	
	WJ12S004 ouvert	A 6.4	BOOL	
	WJ12S005 ferme	A 8.5	BOOL	
	WJ12S005 ouvert	A 8.4	BOOL	
	WP10D001 marche	A 10.4	BOOL	
	WP12D001 marche	A 13.4	BOOL	
	WP15D001 marche	A 9.4	BOOL	
	WP15D002 marche	A 15.4	BOOL	
	WR11D001 marche	A 17.4	BOOL	
	WR12S004 OUVERT	A 7.4	BOOL	
	WR15S002 ouvert	A 2.4	BOOL	
	WS11D001 marche	A 20.4	BOOL	
	WY11S001 ferme	A 1.5	BOOL	
	WY11S001 ouvert	A 1.4	BOOL	

OB1 - <offline>

```

""
Nom :                               Famille :
Auteur :                             Version : 0.1
Horodatage Code :                   Version de bloc : 2
Interface :                           11/09/2017 23:30:20
Longueur (bloc/code /données locales) : 01046 00864 00030

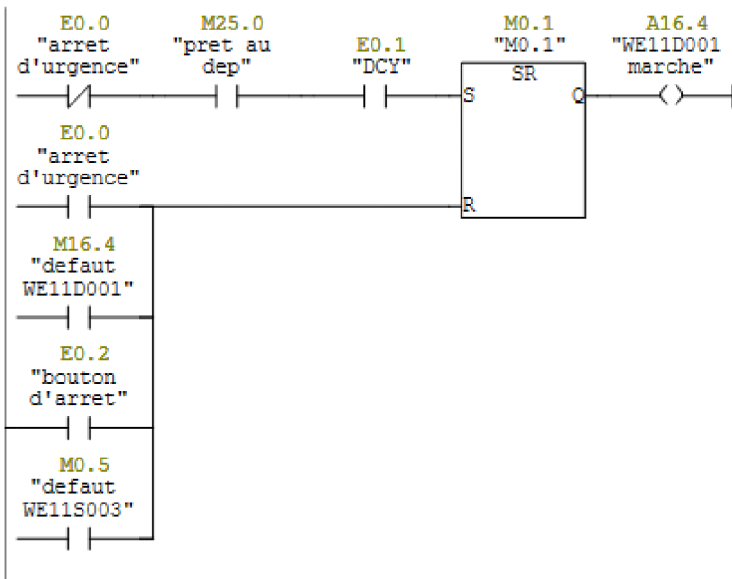
```

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

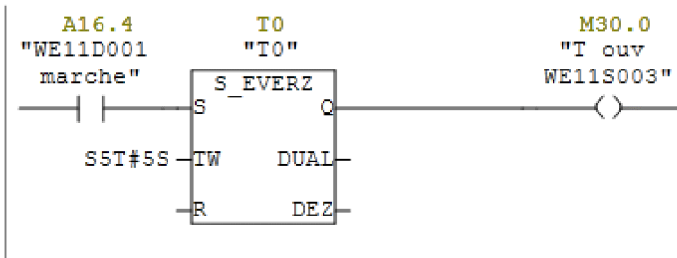
Bloc : OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"

ANNEXE VI : Programme de démarrage des unités de dessalement on utilisant des bascules

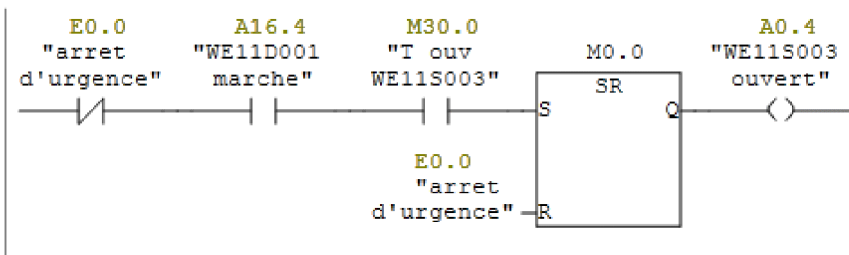
Réseau : 1 Démarrage WE11D001



Réseau : 2 temporesation d'ouverture clapet W11S003

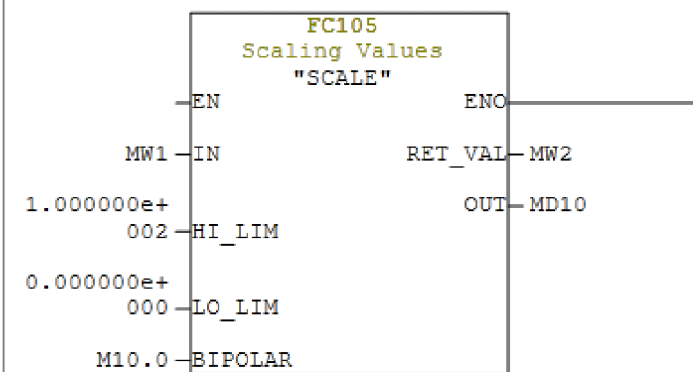


Réseau : 3 ouverture WE11S003

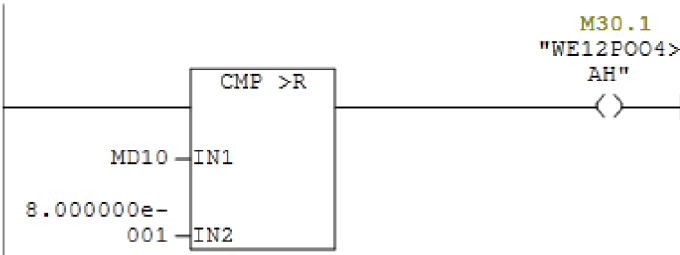


ANNEXE VI : Programme de démarrage des unités de dessalement on utilisant des bascules

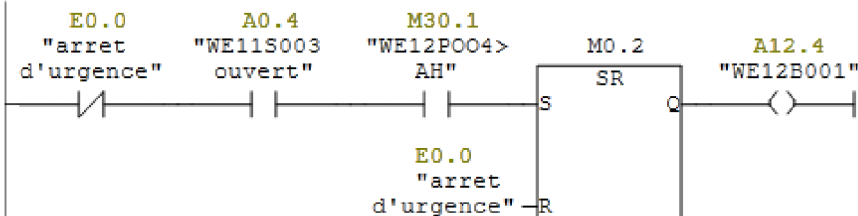
Réseau : 4 mesure de pression entree/sortie filtre auto-nettoyant



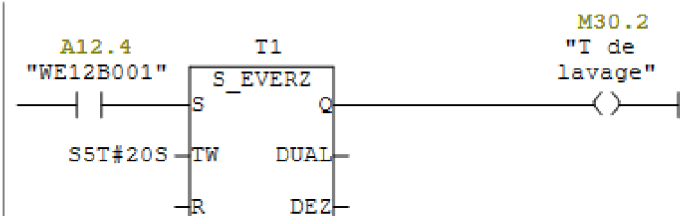
Réseau : 5 alarme presion haute



Réseau : 6 démarrage de filtre auto-nettoyant

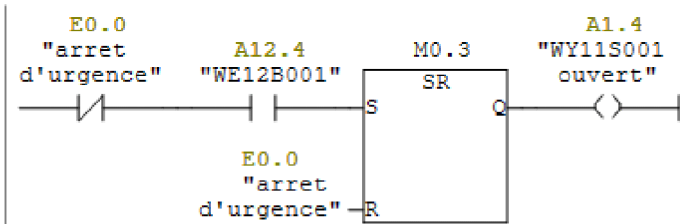


Réseau : 7 temps de lavage

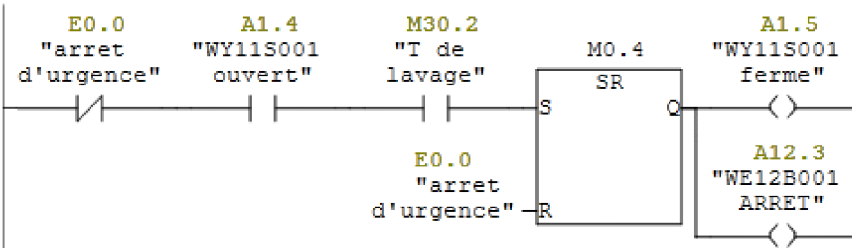


ANNEXE VI : Programme de démarrage des unités de dessalement on utilisant des bascules

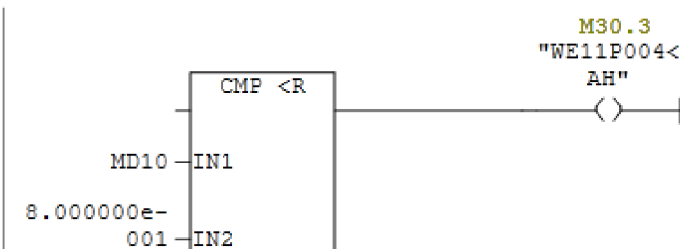
Réseau : 8 ouverture WY11S001



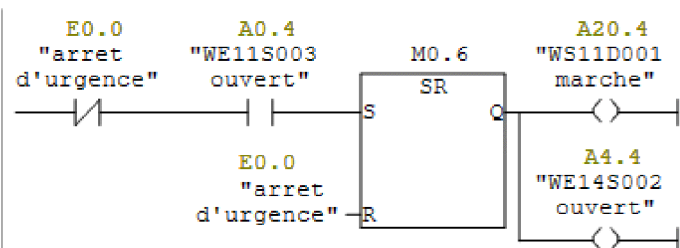
Réseau : 9 fermeture WY11S001 et arrêt WE12B001



Réseau : 10 alarme pression basse

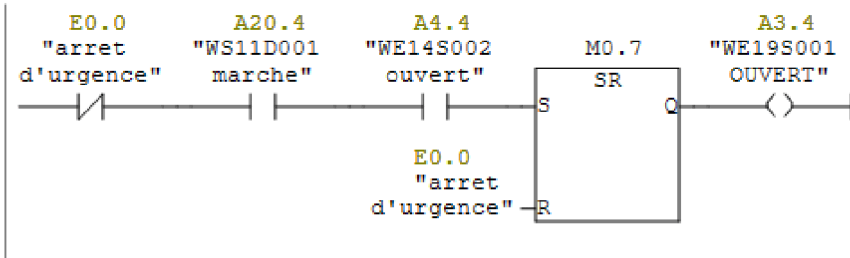


Réseau : 11 démarrage pompe de création de vide

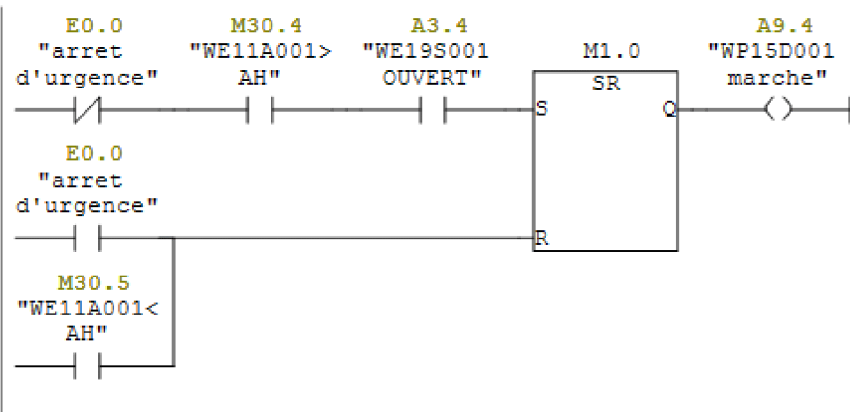


ANNEXE VI : Programme de démarrage des unités de dessalement on utilisant des bascules

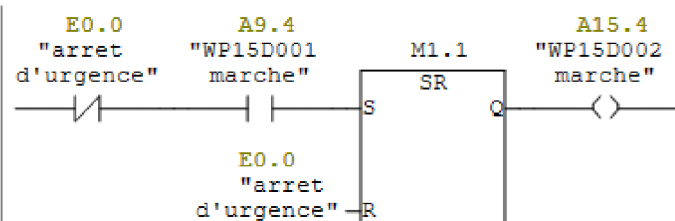
Réseau : 12 ouverture du clapet d'ppoint evaprateur



Réseau : 13 démarrage WP15D001

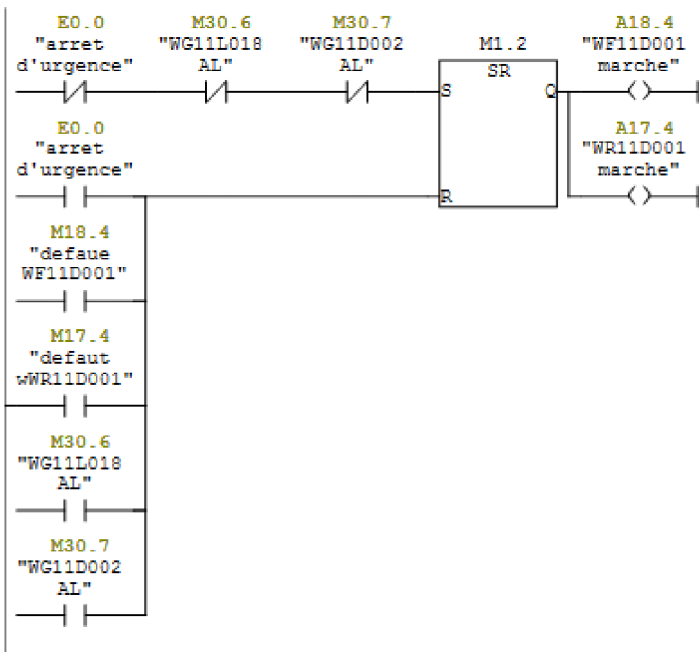


Réseau : 14 démarrage WP15D002

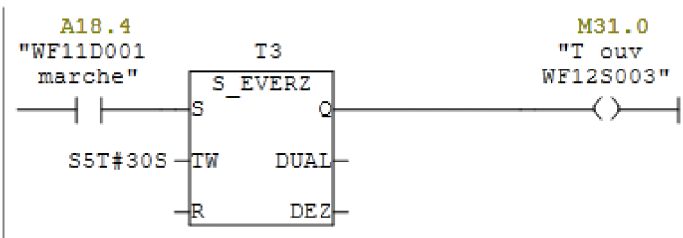


ANNEXE VI : Programme de démarrage des unités de dessalement on utilisant des bascules

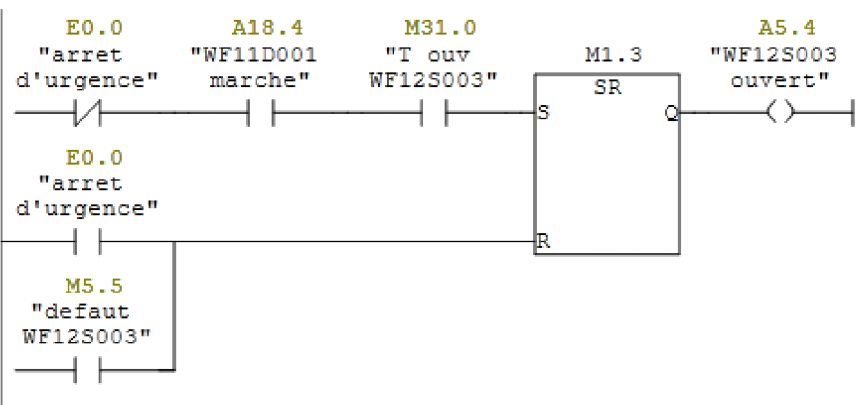
Réseau : 15 démarrage WR11D001 et WF11D001



Réseau : 16 temporisation d'ouverture clapet WF12S003

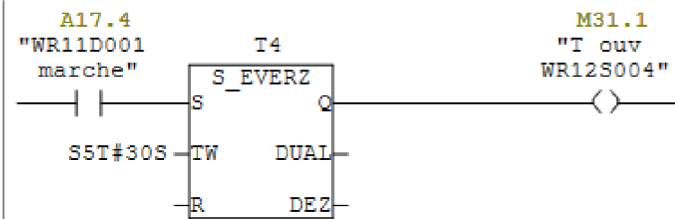


Réseau : 17 ouverture WF12S003

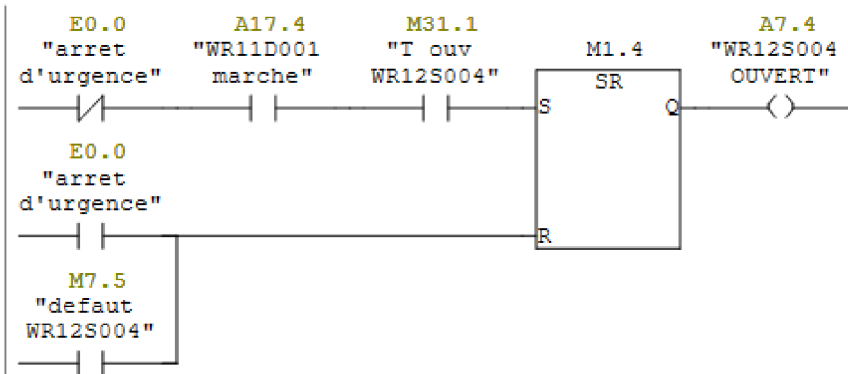


ANNEXE VI : Programme de démarrage des unités de dessalement on utilisant des bascules

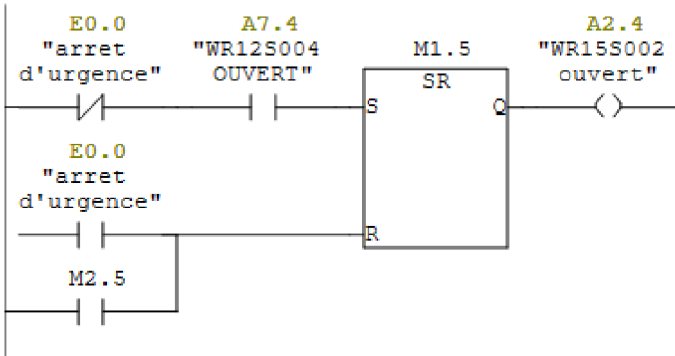
Réseau : 18



Réseau : 19 ouverture WR12S004

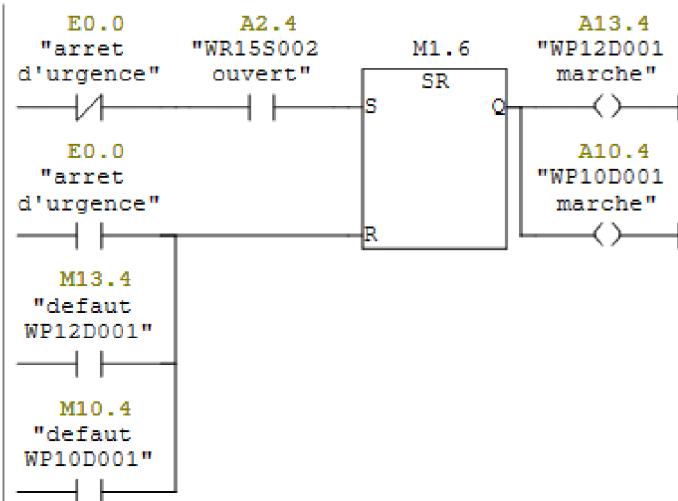


Réseau : 20 ouverture WR15S002

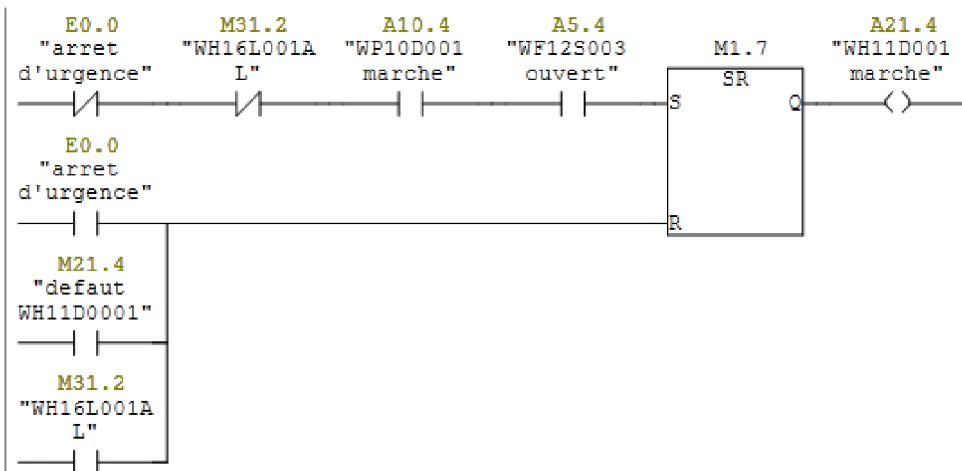


ANNEXE VI : Programme de démarrage des unités de dessalement on utilisant des bascules

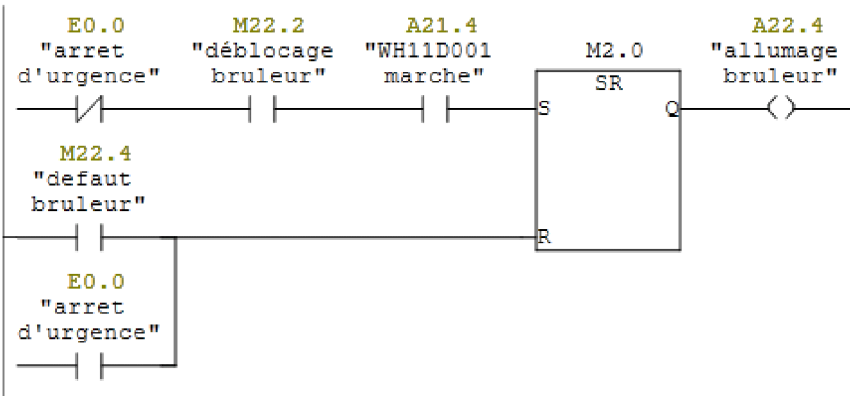
Réseau : 21 démarrage WP12D001 et WP10D001



Réseau : 22 demarrage de la pompe d'eau chaude

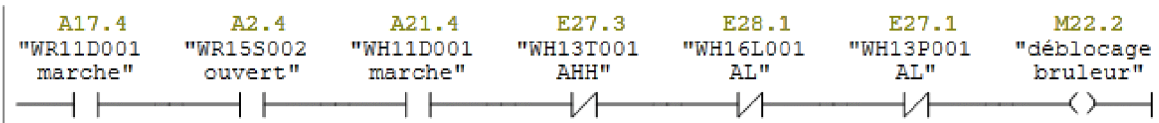


Réseau : 23 allumage de bruleur

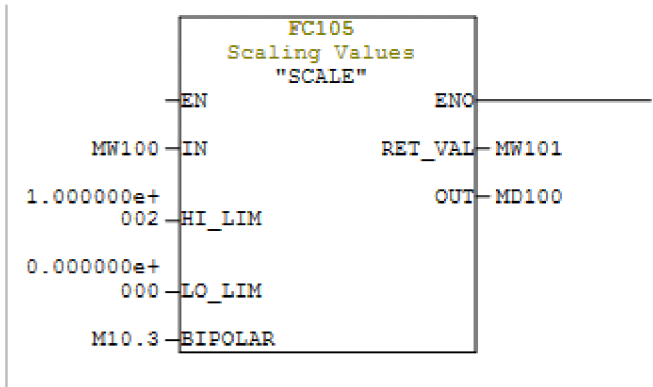


ANNEXE VI : Programme de démarrage des unités de dessalement on utilisant des bascules

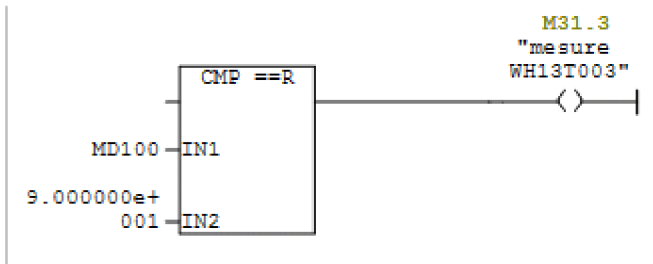
Réseau : 24 mémonto M22.2



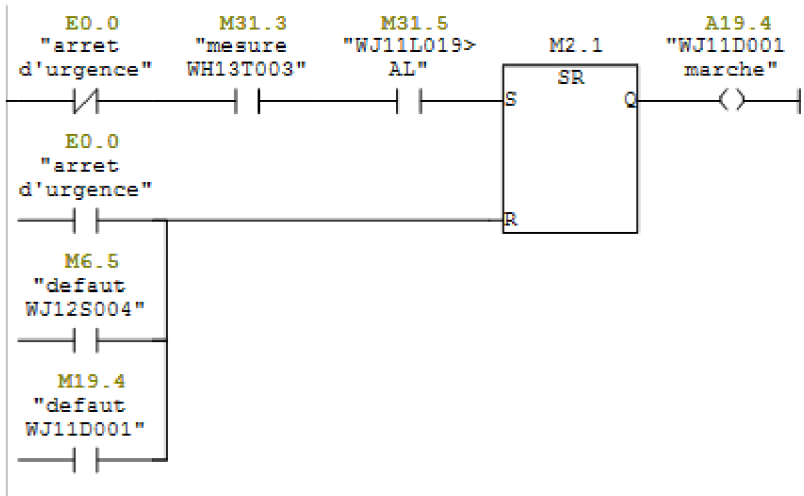
Réseau : 25 mesure temperature d'eau chaude



Réseau : 26

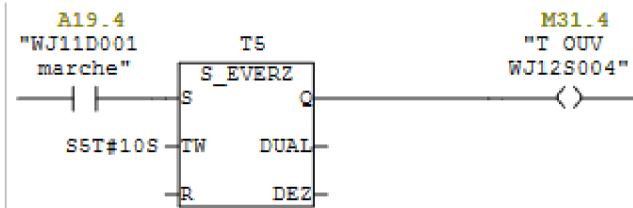


Réseau : 27 demarage pompe du destilat

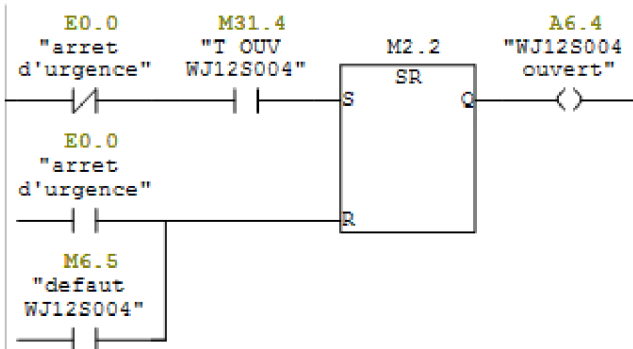


ANNEXE VI : Programme de démarrage des unités de dessalement on utilisant des bascules

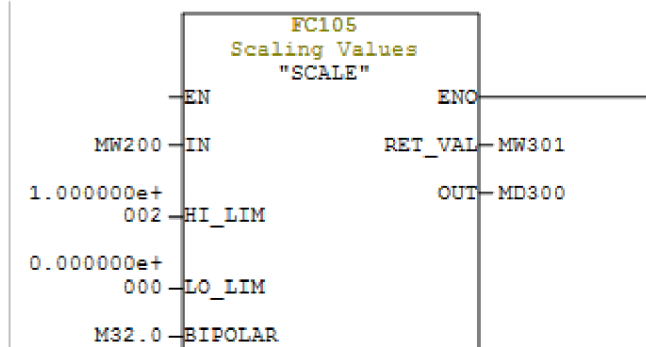
Réseau : 28 temporisation clapet WJ12S004



Réseau : 29 ouverture clapet WJ12S004

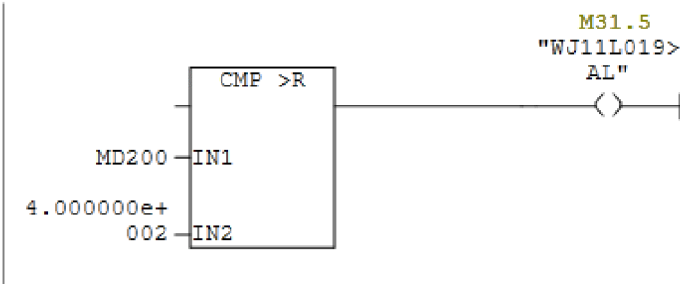


Réseau : 30 mesure niveau du destillat

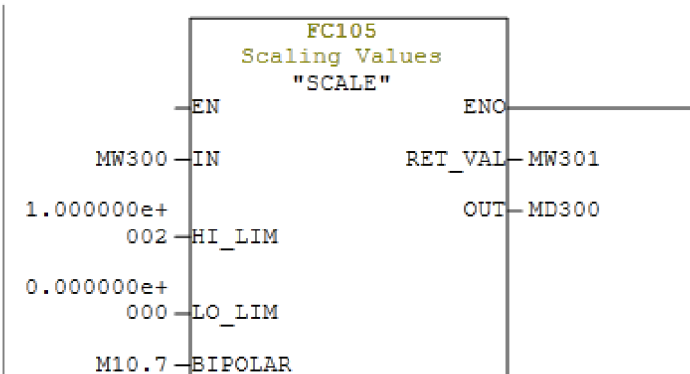


ANNEXE VI : Programme de démarrage des unités de dessalement on utilisant des bascules

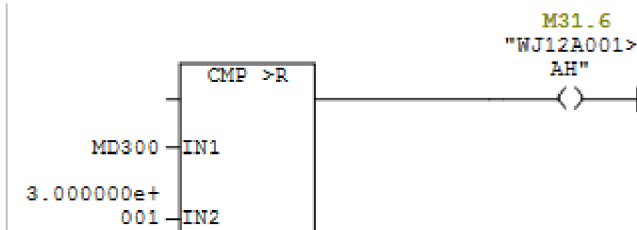
Réseau : 31 niveau de distillat superieur 250 mm



Réseau : 32 mesure conductivite du distillat

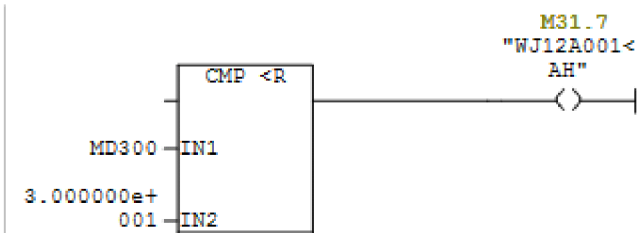


Réseau : 33 conductivite superieur à 30us/cm

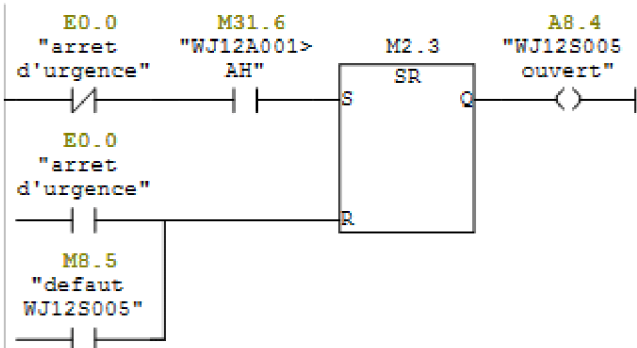


ANNEXE VI : Programme de démarrage des unités de dessalement on utilisant des bascules

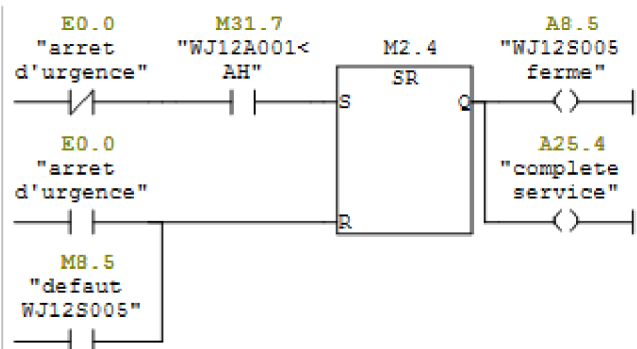
Réseau : 34 conductivite inferieur a 30us/cm



Réseau : 35 clapet WJ12S005 ouvert: unite de dessalement vers le rejet.



Réseau : 36 clapet WJ12S005 ferme: unite du dessalement vers stockage



Résumé

La centrale thermique de Ras-Djinet occupe une place importante dans le réseau de production nationale de l'énergie électrique, elle fournit une puissance utile de (704 MW), elle est dotée de (04) tranches de production d'énergie.

L'appel de l'énergie électrique par le réseau est lié automatiquement par un appel de débit vapeur nécessaire pour l'entraînement de la turbine. La source de débit vapeur est proportionnelle au débit d'eau d'alimentation chaudière qui est directement lié à l'eau d'appoint au niveau du condenseur, qui est alimenté par la station de déminéralisation, et en premier lieu par la station de dessalement qui fait particulièrement l'objet de notre étude.

Le dessalement d'eau de mer est effectué selon le principe de distillation par détente successive (MSF) à 18 étages dans 4 unités identiques. Ces unités sont commandées et surveillées par des automates programmables du type SIMATIC S5-110S, ces automates tombent continuellement en panne, et présentent un certain nombre d'inconvénients. L'objectif 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-STEP 7.

Notre travail est réparti en quatre chapitres:

Dans le premier chapitre nous avons abordé des généralités sur la centrale électrique de Ras-Djinet en axant sur le cycle eau vapeur, dans le second chapitre notre travail a touché au procédé de dessalement et ces organes de commande et d'instrumentation en axant sur le processus de dessalement. L'architecture des automates programmables en particulier l'automate STEP7-300 a été l'objet de troisième chapitre. Le quatrième chapitre a été consacré pour le programme de commande de démarrage et d'arrêt des unités de dessalement. Enfin nous avons achevé notre travail par une conclusion générale dans laquelle nous avons mis en évidence la modélisation par Grafcet, et la programmation à base des automates de type SIMATIC-STEP7 qui sont la solution adéquate pour le pilotage des procédés industriels.

Mots clés:

- Centrale thermique de RAS-DJINET
- Dessalement d'eau de mer
- GRAFCET
- SIMATIC-STEP7