

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

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté de génie électrique et d'informatique

Département d'électronique



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme

Spécialité : Electronique industriel

Thème

Etude et modélisation de l'unité de dessalement de la centrale thermique CAP-DJINET

Proposé par :

Mr. Y. ATTAF

Présenté par :

DAFEUR Dehbia

ZOUBIR Amal

Soutenu le : / / , devant :

MrPrésident

Mr.....Examineur

Mr.Examineur

Mr: Y. ATAF.....Promoteur

Promotion 2013-2014

Remerciements

Nous adressons nos vifs remerciements à notre promoteur monsieur ATAF Youcef pour son dévouement et pour l'aide qu'il nous a apporté.

Nous tenons à remercier les membres du jury qui nous ont fait l'honneur de juger notre travail.

Enfin, un grand remerciement pour tout le personnel de la centrale thermique de CAP-DJINET, en particulier monsieur MERZOUGI ABDENOUR pour ses conseils et son aide durant notre travail.

Merci à tous

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

- ❖ *Toute ma famille*
- ❖ *Mes amis*

DEHBIA

Je dédie ce travail à :

- ❖ *Mes parents*
- ❖ *Mes frères et sœurs*
- ❖ *Tous mes amis*

AMAL

Sommaire

Introduction générale.....	1
-----------------------------------	----------

Chapitre I : Les techniques de dessalement d'eau de mer

I-Introduction	3
II-Définition du processus de dessalement	3
III-Classification des eaux naturelles	3
III.1-eaux de surface.....	3
III.2-Les eaux souterraines.....	3
III.3-Les eaux salines	3
III.3.1-Les eaux saumâtres	3
III.3.2-L'eau de mer	4
IV-Etapes de dessalement	4
V-Les principales technologies de dessalement des eaux	5
VI-Description des différents procédés de dessalement	5
VI.1-Les procédés à membranes	5
VI.1.1-Osmose inverse	6
VI.1.2-L'Electrodialyse.....	7
VI.2-Les procédés thermiques à changement de phases	7
VI.2.1-Congélation.....	7
VI.2.2-La distillation	8
VI.2.2.1-Distillation à simple effet.....	8
VI.2.2.2-La distillation à effet multiple (MED)	9
VI.2.2.3-La distillation à détente étagées (MSF).....	10
VI.2.2.4-Distillation par compression de vapeur (MVC).....	11
VII-Choix du procédé de dessalement	12
VIII-Principaux avantages et inconvénients de dessalement	13
VIII.1-Avantages.....	13
VIII.2-Inconvénients	13

IX-Conclusion.....	13
Chapitre II : Présentation de la centrale éclectique de CAP-DJINET	
I-Introduction	14
II-Généralités sur les centrales électriques.....	14
II.1-Production d'électricité.....	14
II.2-Les sources d'énergies	14
II.3-Principe de fonctionnement des centrales	15
III-Les différents types de centrales.....	16
III.1-La centrale hydraulique	16
III.2-La centrale thermique nucléaire.....	16
III.3-Les éoliennes	17
III.4-La centrale thermique à flamme	17
IV-Présentation de la centrale thermique de CAP-DJINET	18
IV.1-Caractéristiques de la centrale.....	18
IV.1.1-Combustible.....	18
IV.1.2-Générateur de vapeur.....	18
IV.1.2.1-Constitution de générateur.....	18
IV.1.3-le poste d'eau	20
IV.1.3.1-Constitution	20
IV.1.4-La turbine	20
IV.1.5-Alternateurs	20
IV.1.6-Transformateur	20
IV.1.7-Systèmes de surveillance, d'alarme et d'analyse.....	21
IV.1.8-Salle de commande centralisée.....	21
IV.2-Auxiliaires communs aux quatre tranches	23
IV.2.1-Une station de production d'hydrogène.....	23
IV.2.2-Poste gaz	23
IV.2.3-Poste fuel.....	23
IV.2.4-La station de pompage	23
IV.2.5-Station de dessalement	23
IV.2.6-Station électro chloration	23
IV.2.7-Station de déminéralisation.....	23

IV.3-Principe de fonctionnement d'une tranche de production	24
IV.3.1-Circuit eau vapeur.....	24
IV.3.2-transformation d'énergie dans le groupe	24
V-Conclusion.....	25

Chapitre III : Processus de dessalement de la centrale

I-Introduction.....	26
II-L'unité de dessalement d'eau de mer	26
II.1-Prétraitement de l'eau.....	27
II.1.1-Station de pompage	27
II.1.2-Filtration de l'eau de mer	27
III-Description de l'unité de dessalement	28
III.1-L'évaporateur	28
III.2-Le réchauffeur final	29
III.3-La chaudière d'eau chaude	29
III.4-Système d'évacuation : mise sous vide.....	29
III.5-Pompe.....	30
III.6-Injection de produits chimiques	33
IV-Commande et réglage de l'installation.....	34
IV.1-Description du pupitre de commande	35
V-Fonctionnement de l'installation de dessalement.....	40
VI-Conclusion	44

Chapitre IV modélisation de l'unité de dessalement par GRAFCET

I-Introduction	45
II-Description d'un système automatisé.....	45
II.1-Partie opérative.....	45
II.2-Partie commande.	45
III-Généralités sur le GRAFCET.	46
III.1-Définition.....	46
III.2-Elément de base de GRAFCET.....	47
III.2.1-Etape.....	47
III.2.2>Action associées à l'étape.....	48

III.2.3-Transition.....	48
III.2.4-Réceptivités.....	49
III.2.5-Liaison orientées.....	49
III.3-Règles d'évolution d'un GRAFCET.....	50
III.4-Les structures de base.....	50
III.4.1-Sélection de séquence.	50
III.4.2-Séquence simultanées (aiguillage en ET).....	52
III.5-Mise en équation d'un GRAFCET.....	53
III.6-Niveaux d'un GRAFCET.....	54
III.6.1-GRAFCET niveau 1.....	54
III.6.2-GRAFCET niveau 2.....	54
IV-Modélisation de la station de dessalement.....	55
IV.1-Préparatifs à effectuer avant la mise en service de l'unité.....	55
IV.2-Mise en service de l'unité.....	55
IV.3-Arrêt de l'unité de dessalement.....	61
V-Abréviations utilisés dans notre modèle.....	63
VI-GRAFCET niveau 2.....	68
VII-Conclusion.....	72
Conclusion générale.	73

Liste des figures

Chapitre I

Figure 1 : Schéma général d'une installation de dessalement.

Figure 2 : Procédés de dessalement classés selon leur principe.

Figure 3 : Fonction de la membrane osmose inverse.

Figure 4 : Principe de l'osmose et de l'osmose inverse.

Figure 5 : Principe d'électrodialyse.

Figure 6 : Distillation à simple effet.

Figure 7 : Principe de la distillation à multiple effet.

Figure 8 : Principe de la distillation à détente étagées.

Figure 9 : Principe de distillation à compression de vapeur.

Chapitre II

Figure 1 : Diagramme de conversion d'énergie.

Figure 2 : Schéma d'un alternateur.

Figure 3 : Schéma d'une centrale hydraulique.

Figure 4 : Schéma d'une centrale nucléaire.

Figure 5 : Schéma synoptique de la centrale thermique.

Chapitre III

Figure 1 : Schéma simplifié de l'unité de dessalement.

Figure 2 : Poste de distillation selon MSF.

Figure 3 : Pupitre de commande.

Figure 4 : Régulateurs sur pupitre.

Figure 5 : Les lampes témoins.

Figure 6 : Schémas détaillés de l'unité de dessalement.

Chapitre IV

Figure 1 : Structure d'un système automatisé.

Figure 2 : Elément du GRAFCET.

Figure3 : Symbolisation des étapes.

Figure 4: Actions associées à une étape.

Figure5 : Symbole d'une transition.

Figure 6 : Réceptivité dépendante de temps.

Figure7 : Exemple d'une réceptivité=1.

Figure 8: Séquence exclusive.

Figure9 : Saut d'étape.

Figure 10: Reprise d'étape.

Figure11 : Séquence simultanée.

Figure 12: Exemple de GRAFECET.

Figure13 : Organigramme de mise en service de l'unité de dessalement.

Figure14 : Organigramme d'arrêt de l'unité de dessalement.

Liste des tableaux

Chapitre III

Tableau 1 : Caractéristiques techniques de l'évaporateur.

Tableau 2 : Caractéristique technique des pompes centrifuge de traitement.

Tableau 3: Caractéristique technique des pompes de transfert d'eau de mer.

Tableau 4 : Caractéristiques techniques des pompes d'éjection.

Tableau 5 : Caractéristiques fonctionnelles des pompes doseuses.

Tableau 6 : Les lampes témoins.

Tableau 7 : Régulateurs utilisés dans l'unité.

Tableau 8: Les boutons poussoirs utilisés dans l'unité.

Tableau 9 : Alarmes affichées sur pupitre de commande.

Chapitre IV

Tableau 1 : Variation de la température en fonction du débit.

Tableau 2: Les actions.

Tableau 3: Les réceptivités.

Introduction générale

Devant les besoins croissants de l'eau domestique ou bien industrielle, et l'impossibilité de se contenter des ressources naturelles, l'humanité est conduite à étudier et à développer divers procédés permettant de l'obtenir à partir des eaux de mer ou des eaux saumâtres.

En effet, parmi les différentes sources d'énergie utilisées pour la production de l'électricité, l'eau se trouve en haut d'échelle. L'Algérie qui est classée comme zone semi-aride a adopté une stratégie à moyen terme consistant en la réalisation de centrales électriques ainsi que des stations de dessalement.

La station de dessalement au niveau de la centrale thermique de CAP-DJINET, fonctionne suivant le procédé de distillation à détente successive (MSF) dans quatre unités identiques.

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

L'eau dessalée passe par une étape de déminéralisation afin d'obtenir une eau ayant des caractéristiques conformes à une eau d'alimentation des chaudières.

Pour modéliser le démarrage et l'arrêt du processus de dessalement de la centrale thermique de CAP-DJINET, on a utilisé le GRAFCET. Cet outil est de plus en plus utilisé pour décrire des systèmes de commande des processus séquentiels industriels. Il a reçu un accueil favorable dans tous les milieux et spécialement de la part des petites entreprises, en raison de son évidente simplicité. En effet sa représentation fonctionnelle, étroitement liée aux évolutions de la machine ou du processus, constitue à la fois un outil de description facile à mettre en œuvre, et surtout extrêmement puissant pour aborder l'analyse de systèmes complexes. Il est possible de l'implanter sur divers dispositifs programmés au moyen de méthodes appropriées. Pour certains utilisateurs la description par grafcet est devenue la solution à l'ensemble de leurs problèmes car cet outil semble à la fois le plus direct et le plus adapté pour la spécification des automatismes de commandes.

Le travail qui nous a été proposé, consiste à étudier et analyser un système automatique en utilisant le GRAFCET, nous avons réparti notre travail en quatre chapitres :

- Le premier chapitre est consacré pour la présentation de différents procédés de dessalement, notamment les procédés avec membrane et ceux avec changement de phase.
- Une description générale de la centrale thermique de CAP-DJINET ainsi que son fonctionnement font l'objet du second chapitre.
- Le troisième chapitre présente le principe de fonctionnement du processus de dessalement de la centrale.
- Le quatrième et dernier chapitre contient la modélisation du démarrage et d'arrêt de l'unité de dessalement de la centrale.

Nous terminons ce travail par une conclusion générale et une bibliographie.

Chapitre I

Les techniques de dessalement d'eau de mer

I-Introduction :

L'eau de mer contient une salinité plus élevée qui rend quasiment impossible son utilisation. Pour qu'elle devienne exploitable, cette eau subit plusieurs opérations qui permettent de réduire sa salinité à des taux plus bas. C'est ce qu'on appelle communément le processus du dessalement d'eau de mer. Le processus de dessalement se fait grâce à des techniques particulières, ces techniques se distinguent en deux familles : la distillation thermique, et les techniques à membranes. La présentation de ces techniques fera l'objet de ce chapitre.

II-Définition du processus de dessalement :

Le dessalement de l'eau, appelé aussi dessalage est une technique de déminéralisation permettant de traiter l'eau salée afin de la rendre douce pour un usage domestique ou industriel. Ce procédé consiste à séparer les sels dissous dans l'eau et à éliminer les ions en solution responsables de sa minéralisation excessive, dont l'élimination porte suivant les procédés, sur divers éléments constituant la solution saline.

III-Classification des eaux naturelles [7][8]:

Les réserves d'eaux naturelles disponibles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface retenue ou en écoulement (barrage, lacs, rivières), et les eaux de mer.

III.1-Eaux de surface:

Elles ont pour origines, soit des nappes profondes, dont l'émergence constitue une source de ruisseaux et de rivières, soit les eaux de ruissellement. Elles peuvent être stockées en réservoirs naturels (lacs, étangs), comme elles peuvent être stockées dans des réservoirs artificiels (barrages).

III.2-Les eaux souterraines :

Les eaux souterraines proviennent des eaux de pluie et peuvent provenir également d'eau superficielle. Elles sont plus ou moins profondes.

III.3-Les eaux salines :

Il existe deux catégories d'eau salines

III.3.1-Les eaux saumâtres :

On appelle eau saumâtre une eau salée non potable de salinité inférieure à celle de l'eau de mer. Les eaux saumâtres contiennent entre 1 et 10 g de sels par litre. Ce sont parfois des eaux

de surface mais le plus souvent des eaux souterraines qui se sont chargées en sels en traversant les sols. Leur composition dépend donc de la nature des sols traversés.

III.3.2-L'eau de mer :

La caractéristique la plus importante des eaux de mer est leur salinité, c'est-à-dire leur teneur globale en sels (chlorures de sodium et de magnésium, sulfates, carbonates). La salinité moyenne de l'eau de mer est de l'ordre de 35 g/l, cependant cette valeur varie fortement selon les régions et la saison.

IV-Etapes de dessalement [7]:

Quel que soit le procédé de séparation du sel et de l'eau envisagé, toutes les installations de dessalement comportent quatre étapes

1-L'alimentation en eau de mer :

Peut s'effectuer, soit par prise directe, soit par puits côtiers. Ce dernier système permet d'obtenir une eau non turbide, ce qui soulage les prétraitements.

2-Le prétraitement:

Les prétraitements ont pour rôle d'améliorer la qualité de l'eau d'alimentation avec une filtration plus fine.

3-Installation de dessalement :

A pour rôle la séparation du perméat et du concentrât.

4-Le post-traitement :

En sortie de l'unité de dessalement, l'eau n'est pas potable car elle est déminéralisée. Le post-traitement avec une éventuelle reminéralisation de l'eau produite rend l'eau douce conforme aux normes selon les usages. A l'issue de ces 4 étapes, l'eau de mer est rendue potable ou utilisable industriellement, elle doit alors contenir moins de 0,5 g de sels par litre.

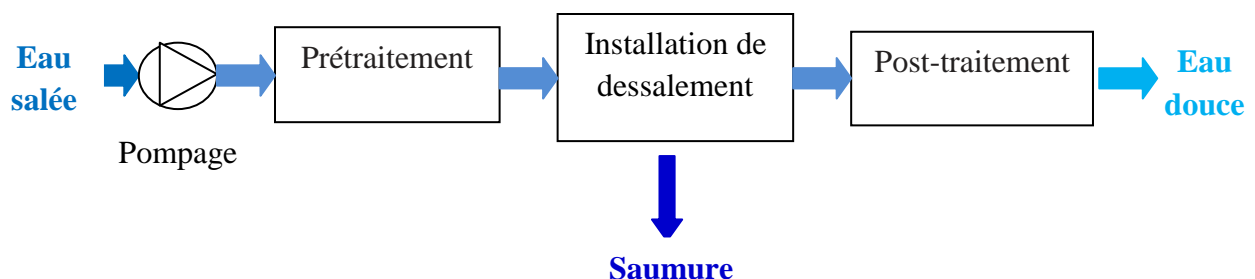


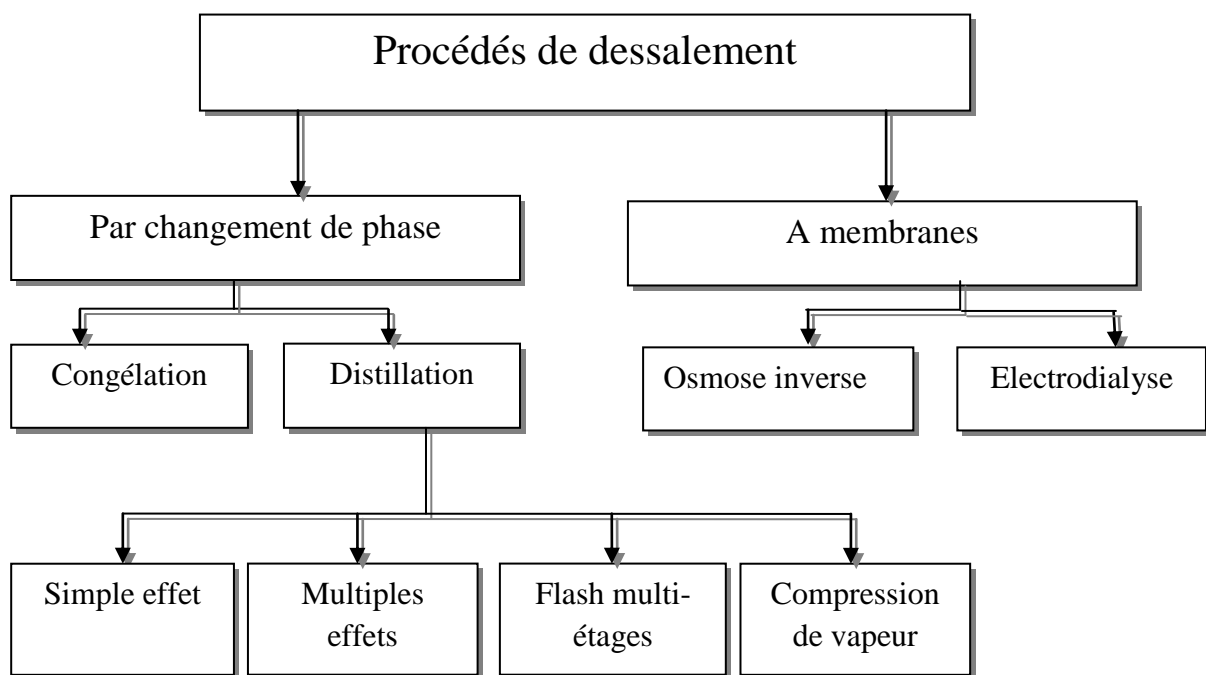
Figure I.1 : Schéma général d'une installation de dessalement.

V-Les principales technologies de dessalement des eaux :

Les technologies actuelles de dessalement des eaux sont classées en deux catégories, selon le principe appliqué :

-Les procédés thermiques faisant intervenir un changement de phases : la congélation et la distillation.

-Les procédés utilisant des membranes: l'osmose inverse et l'électrodialyse. La classification des procédés de dessalement est donnée par le récapitulatif suivant :



FigureI. 2 : Procédés de dessalement classés selon leurs principes.

VI-Description des différents procédés de dessalement :

VI.1-Les procédés à membranes :

❖ Qu'est-ce qu'une membrane ?

La membrane est constituée d'une surface plane dont la perméabilité est sélective. Son objectif principal est d'éliminer le sel. Elle assure également la rétention des composants indésirables dans l'eau (micro algues, bactéries, certains virus, microorganismes, micropolluants), supprime la turbidité (eaux troubles), limite les sous-produits de désinfection et permet la production

d'une eau épurée. Dans le cas de l'osmose inverse, l'élimination des éléments physico-chimiques et biologiques indésirables est quasiment totale.

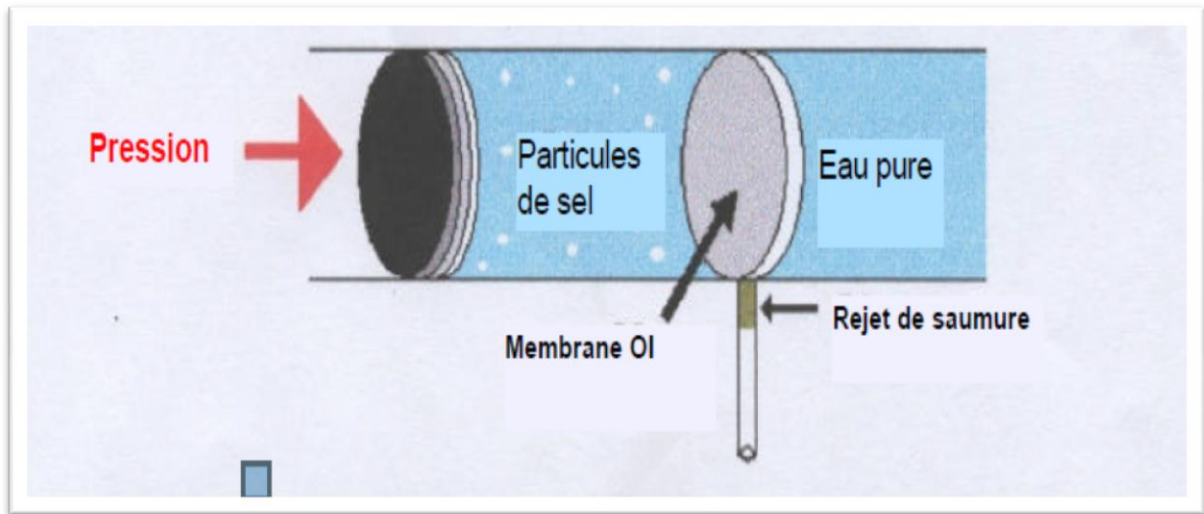


Figure I.3: Fonction de la membrane osmose inverse.

VI.1.1-Osmose inverse :

L'osmose est un phénomène naturel. Si l'on considère deux solutions de concentrations salines différentes séparées par une membrane. L'eau migre spontanément de la solution diluée à la solution la plus concentrée. Si l'on applique une pression supérieure à la pression osmotique le solvant va migrer de la solution concentrée à la solution diluée c'est l'osmose inverse. La pression osmotique correspond à la pression qui doit être exercée sur la solution concentrée pour interrompre l'écoulement de solvant à travers la membrane. La figure suivante illustre les phénomènes d'osmose et de l'osmose inverse

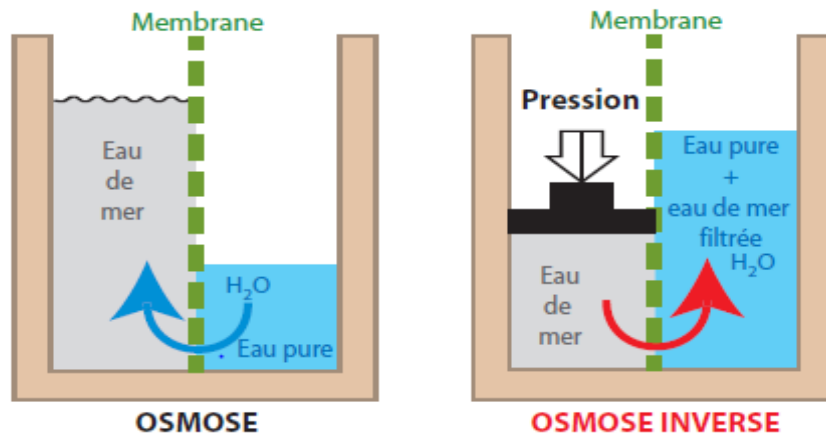


Figure I.4 : Principe de l'osmose et de l'osmose inverse [7].

VI.1.2-L'Electrodialyse :

❖ Description du procédé :

L'extraction des ions se fait par migration de ces derniers à travers des membranes sélectives (anioniques ou cationiques), sous l'action d'un champ électrique. Ainsi seuls les anions peuvent traverser une membrane anionique et seuls les cations peuvent traverser une membrane cationique. En plaçant plusieurs membranes en parallèle laissant passer alternativement les ions positifs et les ions négatifs, on peut éliminer certains ions de l'eau. Les particules qui ne portent pas de charge électrique ne sont pas éliminées.

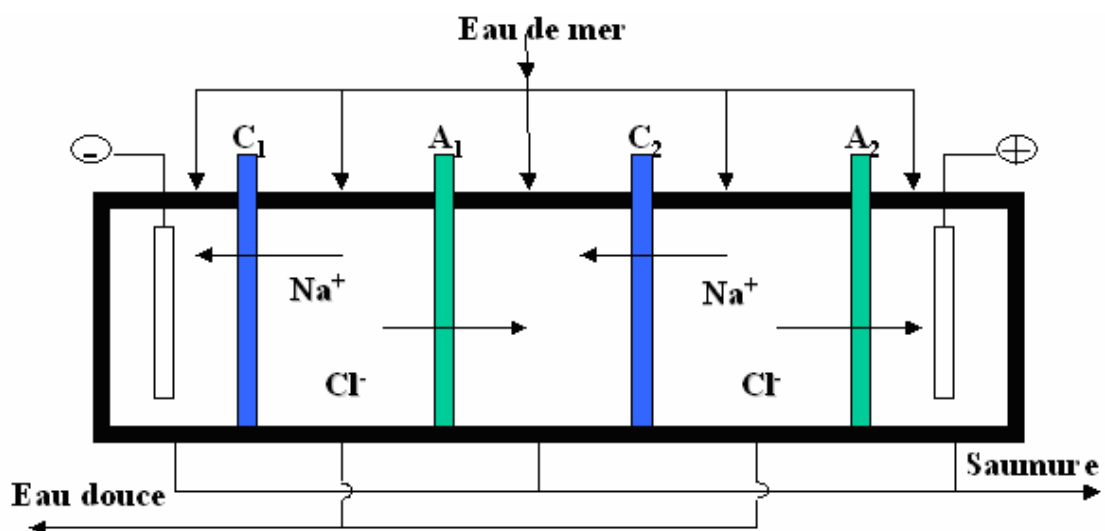


Figure I.5 : Principe d'électrodialyse.

❖ Principe de fonctionnement :

Sous l'effet d'un courant appliqué dans les bacs externes, les ions Na^+ sont attirés vers l'électrode négative et les ions Cl^- vers l'électrode positive. En raison de la sélectivité des membranes; les ions Na^+ peuvent uniquement traverser les membranes cathodiques et les ions Cl^- les membranes anioniques, on obtient de l'eau douce dans deux des quatre compartiments. Voir figure(I.5).

Les procédés à membranes permettent de diminuer par 3 ou 4, les consommations énergétiques par rapport au dessalement thermique.

VI.2-Les procédés thermiques à changement de phases :

VI.2.1-Congélation :

Le dessalement par congélation est basé sur le changement de phase liquide-solide de l'eau de mer. Selon la thermodynamique, la glace formée à partir de l'eau de mer est pure.

Elle peut être séparée de la solution concentrée, puis fondue afin d'obtenir une eau douce. Les opérations unitaires d'un procédé de dessalement par congélation sont :

- 1-Le prétraitement de l'eau de mer (élimination des solides en suspension, élimination des gaz dissouts pour les procédés sous vide),
- 2-La formation des cristaux de glace à partir de la solution saline (pour les procédés en suspension, des cristaux de grande taille sont souhaités pour faciliter le lavage),
- 3-Le lavage et/ou ressuage des cristaux de glace (pour les procédés continus, lavage dans une colonne par environ 5% de l'eau produite),
- 4-La fusion des cristaux de glace.

VI.2.2-La distillation :

Le procédé par distillation reproduit le cycle naturel de l'eau puisqu'il consiste à chauffer de l'eau salée, et c'est la production de vapeur d'eau qui est à son tour condensée pour former de l'eau douce. Dans l'usine, l'eau est chauffée jusqu'à ébullition pour produire la quantité maximale de vapeur. Ce principe de dessalement très simple a été utilisé dès l'antiquité pour produire de très faibles quantités d'eau douce sur les bateaux.

L'inconvénient majeur des procédés de distillation est leur consommation énergétique importante liée à la chaleur latente de vaporisation de l'eau. En effet, pour transformer 1 kg d'eau liquide en 1 kg d'eau vapeur à la même température il faut environ 2250 kilo Joules (si le changement d'état se fait à 100°C). Il existe plusieurs techniques de distillation :

VI.2.2.1-Distillation à simple effet [7]:

Son principe est simple : il reproduit le cycle naturel de l'eau.

- 1-Dans une enceinte fermée, un serpentin de réchauffage porte à ébullition l'eau de mer.
- 2-La vapeur produite se condense au contact d'un deuxième serpentin alimenté par l'eau de mer froide.
- 3-Un groupe électropompe soutire l'eau condensée ; un deuxième l'eau de mer concentrée ou saumure.

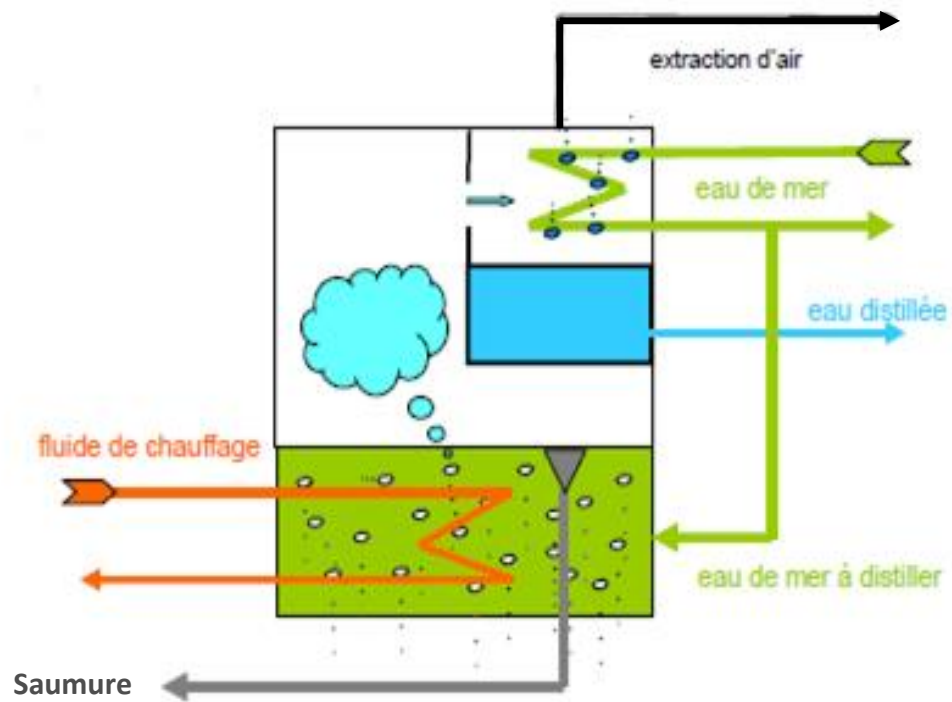


Figure I.6 : Distillation à simple effet.

VI.2.2.2-La distillation à effet multiple (MED) :

Ce procédé est basé sur le principe de l'évaporation, sous pression réduite, d'une partie de l'eau de mer préchauffée à une température variante entre 70 et 80°C. L'évaporation de l'eau à lieu sur une surface d'échange, La chaleur transférée au travers de cette surface est apportée

soit par une vapeur produite par une chaudière, soit par une eau chaude provenant d'un récupérateur de chaleur.

La vapeur produite dans le 1^{er} effet est condensée pour produire de l'eau douce dans le 2^{ème} effet où règne une pression inférieure, ainsi la chaleur de condensation qu'elle cède permet d'évaporer une partie de l'eau de mer contenue dans le 2^{ème} effet et ainsi de suite, seule l'énergie nécessaire à l'évaporation dans le premier effet est d'origine externe. En pratique, on peut placer en série jusqu'à 6 ou 7 cellules de distillation. Le dernier serpentin est refroidi par l'eau de mer. Il faut 2 à 4 litres d'eau salée pour obtenir 1 litre d'eau douce.

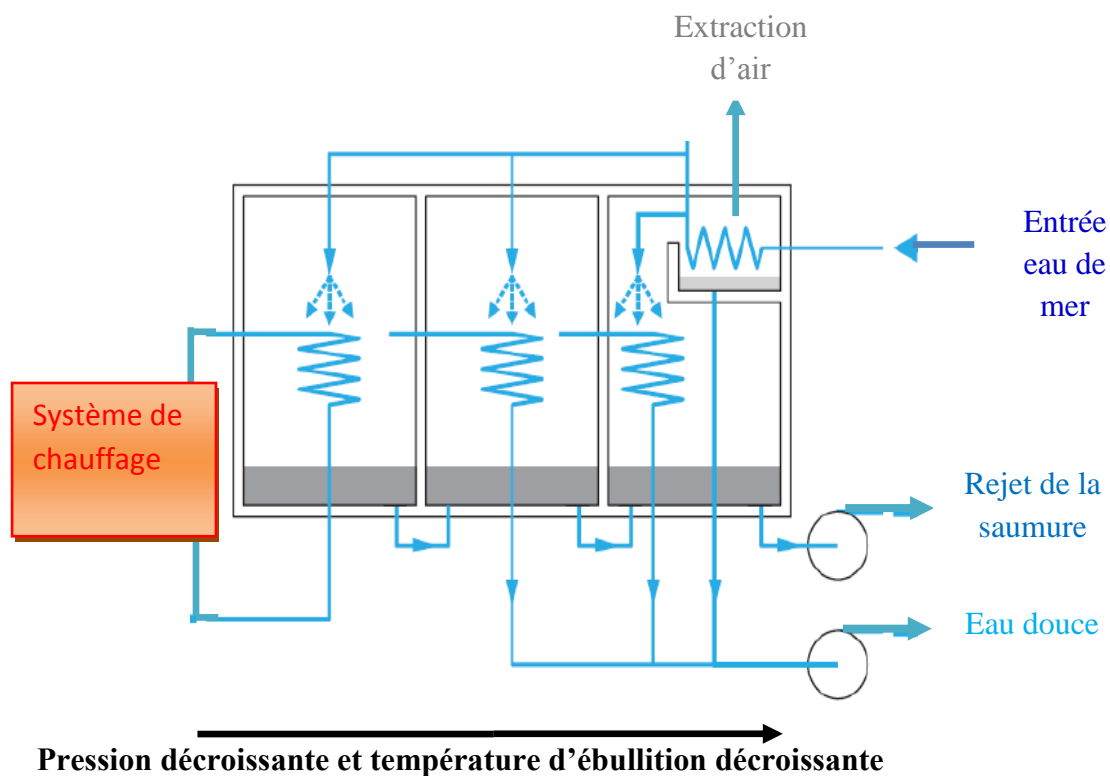


Figure I.7 : Principe de la distillation à multiple effet.

VI.2.2.3-La distillation à détente étagée (Multi-Stage Flash distillation MSF) :

Dans le procédé de distillation à détente étagée (multi stage flash), la vaporisation de l'eau de mer est obtenue par une succession de réduction de pression dans chaque étage. L'eau salée est tout d'abord chauffée puis introduite dans une première chambre à basse

pression, de sorte qu'une partie est instantanément vaporisée. La vaporisation d'une partie de l'eau produit une diminution de température de la solution restante. Cette solution est introduite dans la chambre suivante à pression plus réduite et le processus est ainsi répété dans plusieurs étages (50 étages peuvent être installés dans une usine). La vapeur produite est refroidie par échange de chaleur avec l'eau de mer d'alimentation et condensée sous forme d'eau dessalée. Les unités de dessalement par distillation à détente successive opèrent à des températures entre 120°C et 90°C ce qui tend à augmenter la productivité mais aussi le problème d'entartrage. Pour éviter l'entartrage, l'eau de mer est traitée par l'ajout d'inhibiteur d'entartrage.

La saumure est recyclée dans ce procédé pour réduire le débit de prétraitement de l'eau d'alimentation et par conséquent son coût. On remarque lors du phénomène de flash que des gouttelettes d'eau salée peuvent être entraînées avec la vapeur, elles sont séparées grâce à un dévésiculateur constitué par une sorte de grillage qui limite le passage des gouttelettes qui retombent au fond de l'enceinte.

Cette technique permet d'atteindre de très grandes capacités (supérieures à 25000m³/jour), mais la consommation énergétique est supérieure à celle de la distillation à multiple effet.

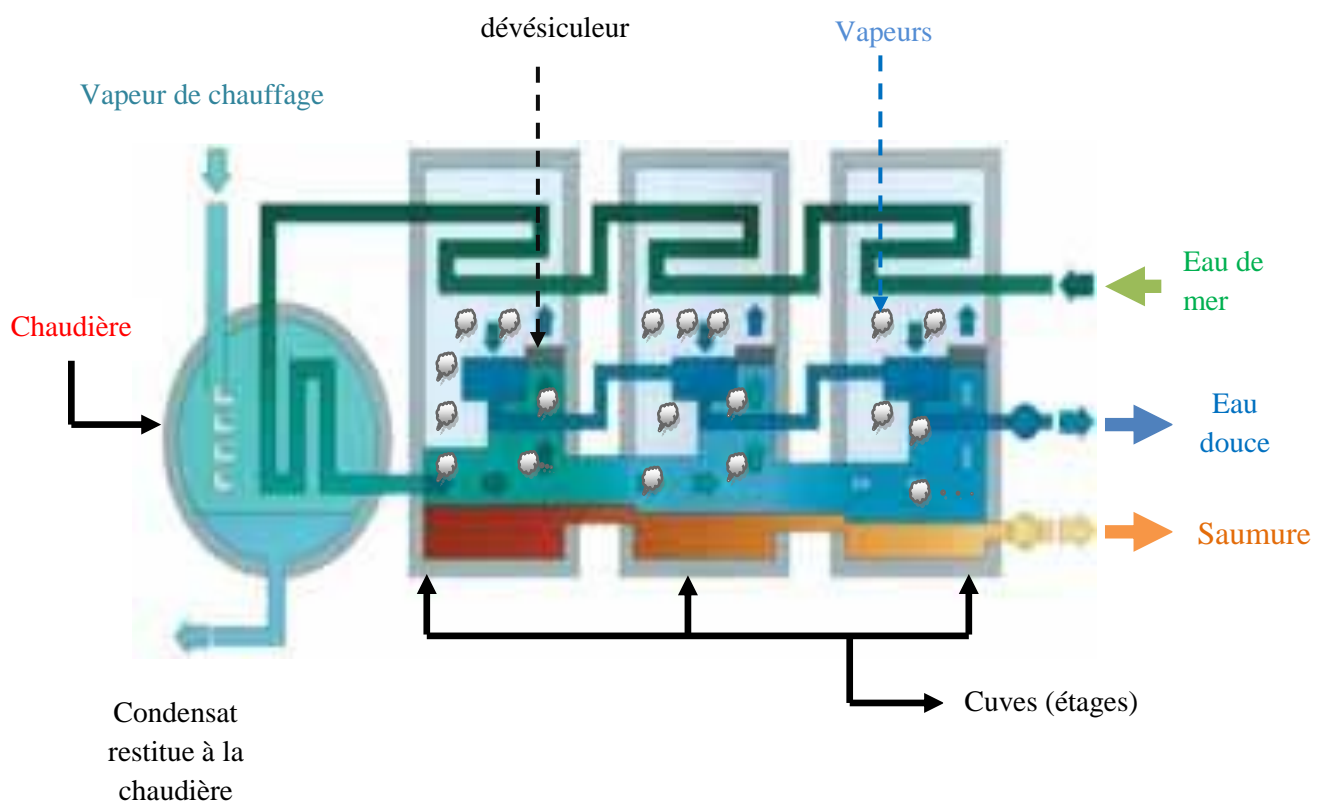


Figure I.8 : Principe de la distillation à détente étagées.

VI.2.2.4-Distillation par compression de vapeur (MVC) :

Dans ce procédé, l'eau à dessaler est portée à ébullition dans une enceinte isolée thermiquement. La vapeur produite est aspirée par un compresseur qui élève sa température de saturation. Cette vapeur traverse ensuite un faisceau tubulaire et se condense en provoquant l'ébullition de l'eau salée.

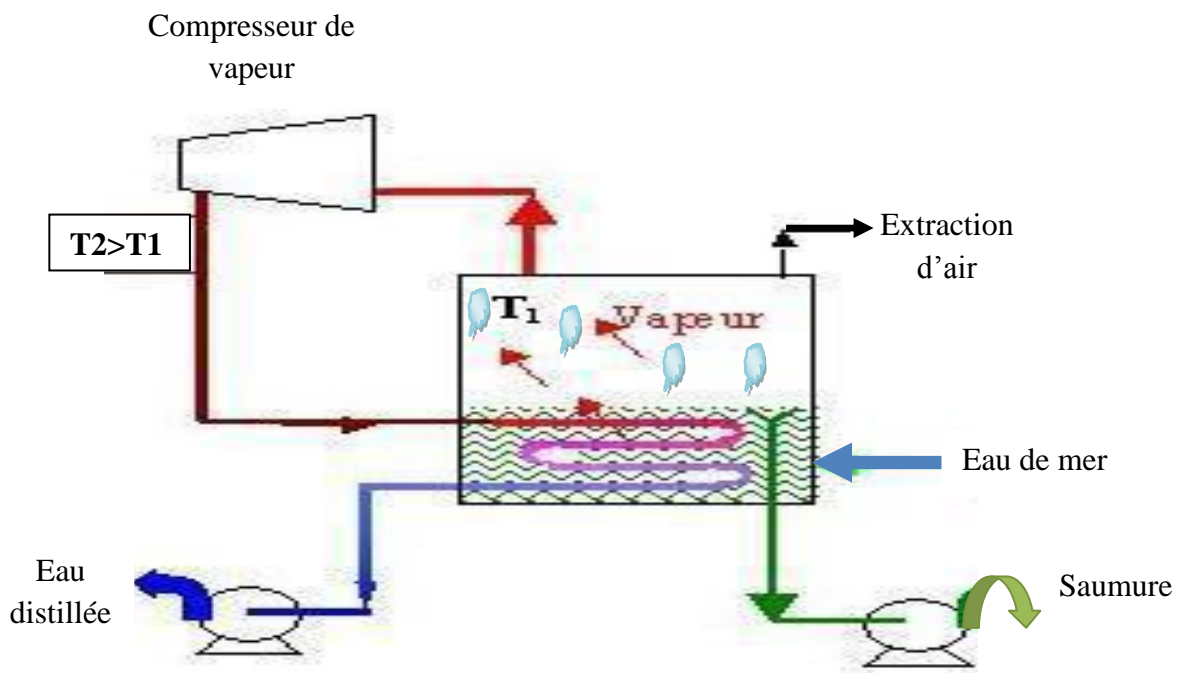


Figure I.9: Principe de distillation à compression de vapeur [8].

VII-Choix du procédé de dessalement :

Le dessalement est un processus très consommateur d'énergie. Pour le MED et les usines MSF, l'énergie principale est sous forme de chaleur, mais un peu d'énergie électrique est exigée pour les pompes et les auxiliaires. L'osmose inverse utilise seulement de l'énergie électrique, plus « noble ». Chaque procédé a une particularité technique qui la fera préférer

dans un cas plutôt que dans l'autre. Ainsi, les techniques thermiques sont adaptées aux fortes salinités et aux hautes températures alors que les techniques à membranes sont meilleur marché dans des conditions de salinité moyenne et de température peu élevée (autour de 25°C). D'autre part, le coût de l'énergie est très différent d'un pays à l'autre, donc le choix du procédé dépend de :

- ✓ L'utilisation de l'eau (usage domestique ou bien industrielle).

L'eau obtenue par distillation est très pure (5 à 30mg/l). Pour la consommation domestique, cette salinité est très faible et il est nécessaire de l'augmenter aux environs de 300mg/l par rapport à des sels minéraux, donc ce procédé convient pour les usages industriels. La salinité de l'eau produite par électrodialyse est inférieure à 300-400mg/l, Pour l'osmose inverse, la salinité de l'eau produite varie entre 100 et 500mg/l, Donc ces deux procédés conviennent principalement pour les usages domestiques.

- ✓ Des caractéristiques de l'eau a dessalée.
- ✓ Cout de dessalement.

VIII-Principaux avantages et inconvénients de dessalement [9]:

Le dessalement de l'eau présente des avantages mais quel que soit le procédé utilisé, il n'est pas sans inconvénients.

VIII.1-Avantage :

- Obtention de l'eau douce (potable) à partir d'une eau saumâtre ou eau de mer ;
- Alimenter les villes et villages situés près d'une côte ;
- L'amélioration de la qualité de l'eau distribuée ;
- La sécurisation de l'alimentation en eau (potable ou industrielle) des différents consommateurs, car cette ressource n'obéit pas aux aléas climatique et elle permet donc de produire d'une manière permanente les quantités voulues.

VIII.2-Inconvénients :

- Le dessalement de l'eau de mer reste un moyen cher parmi toutes les méthodes de fabrication d'eau potable ;
- Grande consommation d'énergie ;
- Les installations de dessalement dégagent des gaz à effet de serre, ce qui provoque le réchauffement climatique ;
- Elles détruisent les zones côtières ;
- Le rejet de la saumure très concentrée en sel résultant du dessalement dans la mer

détruit les écosystèmes marins (certaines espèces ou végétations sont très sensibles à la salinité) ;

- Les rejets associés aux unités de dessalement comme les eaux de nettoyage contaminent le milieu.

IX-Conclusion :

Le dessalement de l'eau de mer est un procédé qui peut se faire par plusieurs techniques, le choix du procédé se fait selon des critères bien précis. Dans le chapitre suivant nous allons présenter la centrale thermique de CAP-DJINET, ainsi que son fonctionnement.

Chapitre II

Présentation de la centrale thermique de CAP-DJINET

I-Introduction :

A notre époque, et sans électricité, la vie quotidienne serait difficilement envisageable. Il est donc nécessaire de savoir la produire de manière efficace et continue. Pour répondre à la consommation croissante d'électricité, il a fallu inventer et construire des usines capables de produire de l'électricité en grande quantité. Dans ce chapitre nous allons présenter la centrale électrique de CAP-DJINET en passant par les différentes techniques de production d'électricité utilisées dans le monde.

II-Généralités sur les centrales électriques :**II.1-Production d'électricité :**

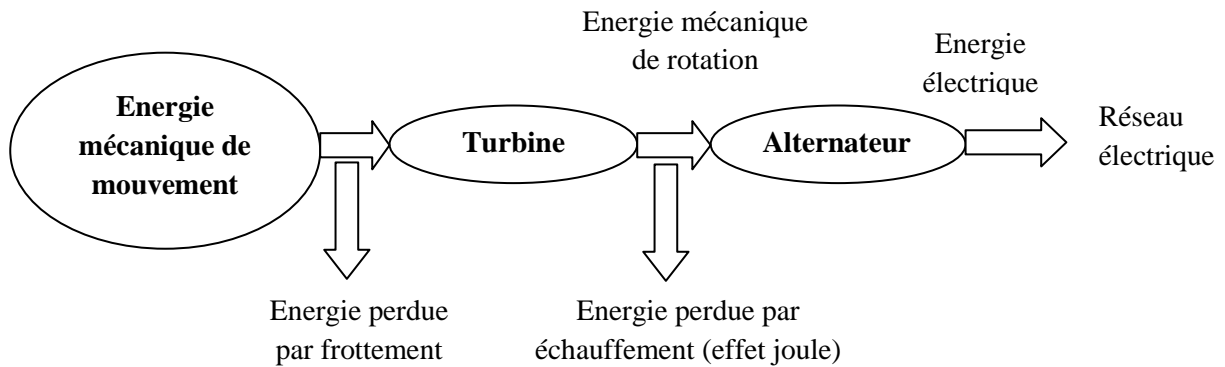
Le principe de base de la production d'électricité repose sur la conversion d'énergie mécanique en énergie électrique. On utilise une source d'énergie qui peut être de l'eau, de la vapeur ou un gaz. Cette énergie fait tourner une énorme turbine qui est reliée à un alternateur. L'alternateur agit comme un aimant et attire les électrons, ce qui les oblige à se déplacer et le déplacement des électrons génère le courant électrique. Grâce à l'électricité, la vie quotidienne a beaucoup évolué : éclairage, chauffage, cuisson, on pouvait faire des choses si incroyables qu'on l'a appelée la Fée électricité.

II.2-Les sources d'énergies :

-Définition d'une énergie renouvelable : énergie provenant de ressources que la nature renouvelle sans cesse comme l'eau, le vent, le soleil..., elles sont inépuisables et non polluantes.

-Définition d'une énergie non renouvelable : énergie provenant de ressources dont les stocks sur terre sont limités comme le pétrole, le charbon, le gaz, l'uranium.

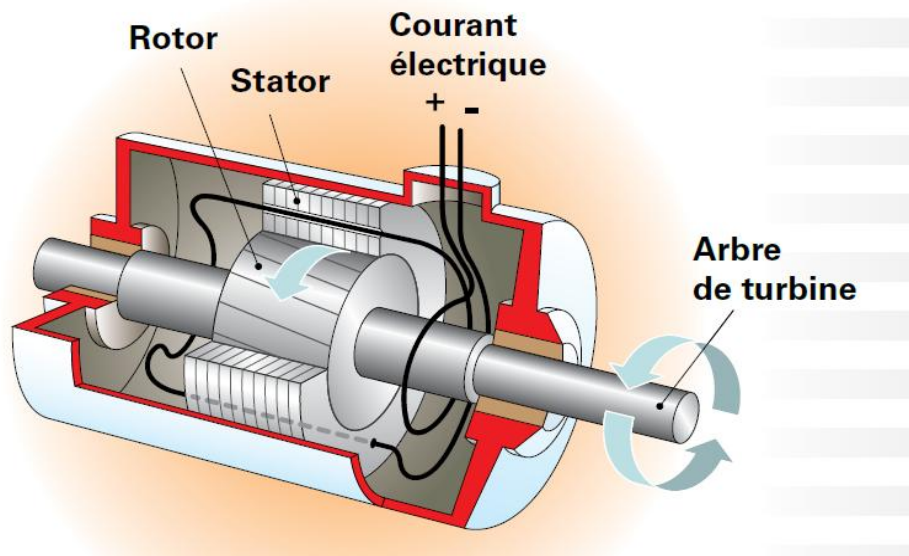
Elles sont polluantes (les centrales qui utilisent ces sources d'énergies produisent des gaz à effet de serre, en particulier d'énormes quantités de dioxyde de carbone).



FigureII.1 : Diagramme de conversion d'énergie.

II.3-Principe de fonctionnement des centrales :

Dans une centrale, on a recours à un énorme alternateur pour produire de l'électricité. Dans l'alternateur, un aimant géant appelé rotor tourne à l'intérieur d'un bobinage de fil de cuivre nommé stator. La force ainsi produite expulse les électrons de leurs atomes et induit dans les fils de cuivre un flux d'électrons, c'est-à-dire l'électricité. Les électrons peuvent alors être envoyés, par les lignes de transport, là où on en a besoin. On emploie des roues géantes appelées turbines pour faire tourner les aimants à l'intérieur de l'alternateur, ce qui nécessite beaucoup d'énergie.



FigureII. 2 : Schéma d'un alternateur [10].

III-Les différents types de centrales [11]:

III.1-La centrale hydraulique :

Utilise la force de l'eau créée par un puissant déplacement. Il peut s'agir d'une chute d'eau naturelle, de l'eau stockée dans un barrage, des mouvements de la marée ou des courants marins. L'énergie hydraulique est une façon particulièrement économique de produire de l'électricité.

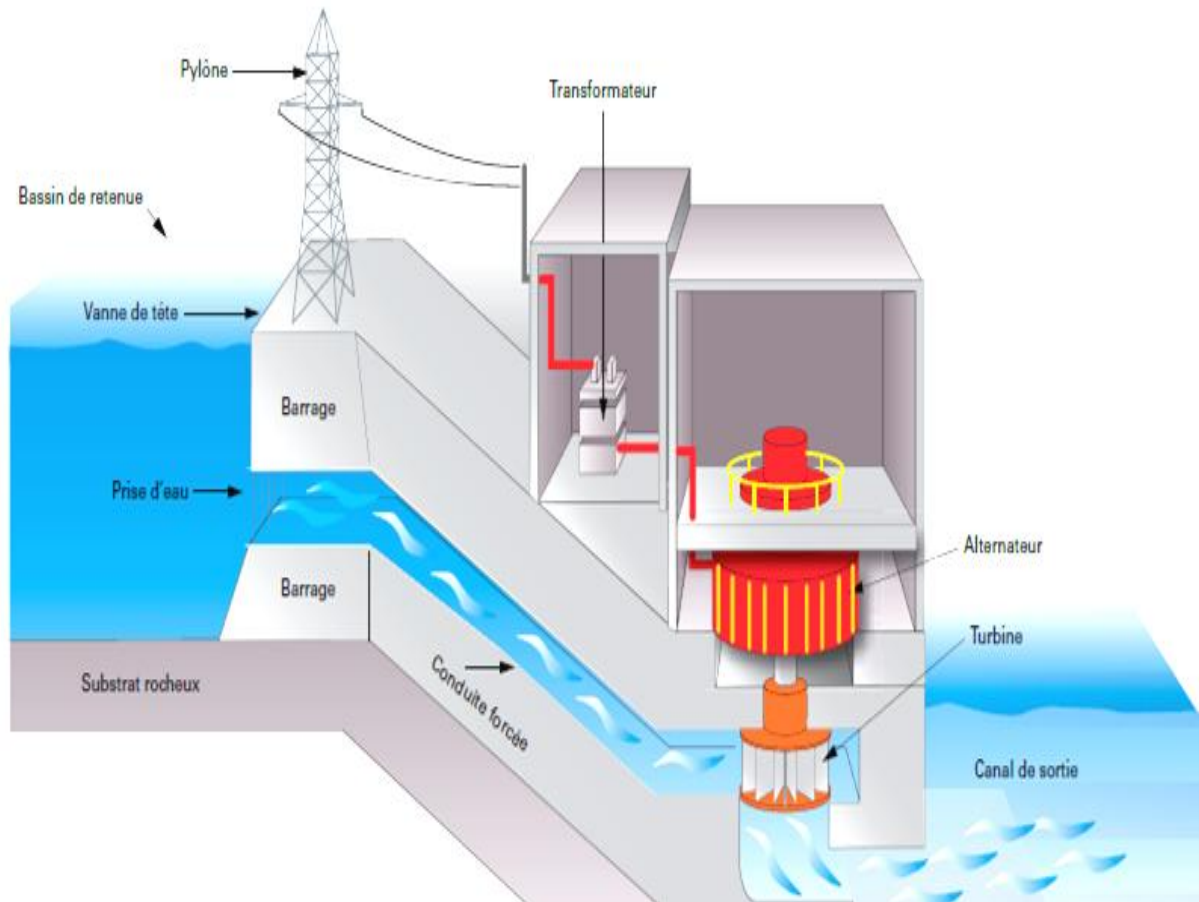


Figure II. 3 : Schéma d'une centrale hydraulique [10].

III.2-La centrale thermique nucléaire :

Les centrales nucléaires utilisent de l'uranium pour produire de la chaleur, qui sert ensuite à faire bouillir de l'eau pour la transformer en vapeur. Des 92 éléments qui composent la terre, l'uranium est celui qui possède les plus gros atomes, et c'est donc leurs noyaux qui ont le plus de chance de se fractionner. Comme ces centrales ne brûlent aucun combustible, elles ne génèrent pratiquement pas de gaz à effet de serre. En revanche, elles génèrent des déchets nucléaires, qui doivent être traités et stockés avec un soin extrême.

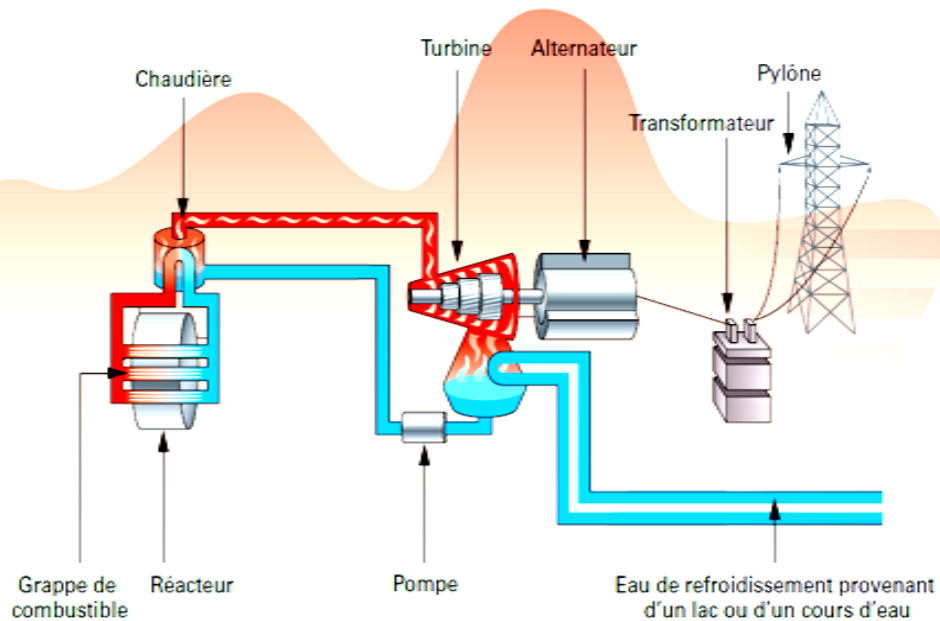


Figure II.4 : Schéma d'une centrale nucléaire [10].

III.3-Les éoliennes :

Cette énergie est produite par la force exercée par le vent sur les pales d'une hélice. Cette hélice est montée sur un arbre qui peut être relié à un générateur qui transforme l'énergie mécanique en énergie électrique. De façon générale, le vent doit souffler à 14 km à l'heure pour qu'une éolienne commence à produire de l'électricité. La plupart des types de centrales électriques peuvent fonctionner 24 heures sur 24, mais les éoliennes produisent de l'électricité de façon intermittente, uniquement quand le vent souffle à la vitesse appropriée.

En raison de cette contrainte, on ne peut pas toujours compter sur les éoliennes pour répondre à la demande d'électricité de pointe.

III.4-La centrale thermique à flamme :

Une centrale thermique produit de l'électricité à partir d'une source de chaleur. Cette source peut être un combustible brûlé (gaz naturel, certaines huiles, charbon, déchets industriels, déchets ménagers, etc.). La source chauffe un fluide (souvent de l'eau) qui passe de l'état liquide à l'état gazeux (vapeur). Cette vapeur entraîne une turbine accouplée à un alternateur qui transforme l'énergie cinétique de la turbine en énergie électrique.

IV-Présentation de la centrale thermique de CAP-DJINET :

La centrale thermique de CAP -DJINET est une centrale de production de l'électricité, elle a été construite en 1986.Elle est située au bord de la mer, à l'est d'Alger près de la ville de CAP-DJINET de la wilaya de BOUMERDES, c'est l'une des plus grandes centrales du pays d'une superficie de 35 hectares.

Sa construction a été décidée en vue de renforcer l'alimentation en énergie électrique.Composée de quatre grands blocs identiques, chaque monobloc produit un équivalent de 176 Méga Watt(MW) et consomme 8 MW pour ses besoins de fonctionnement. La centrale de CAP-DJINET utilise le gaz naturel pour alimenter les brûleurs de la chaudière qui vaporise l'eau.En cas de coupure de gaz, la station fonctionne grâce à une réserve de fioul.Le choix du site est fait sur la base des critères suivants :

- Proximité de la mer (quantité d'eau suffisante pour assurer les besoins de condensation) ;
- proximité de consommateurs importants, situés notamment dans la zone industrielle de ROUIBA-REGHAIA;
- possibilité d'extension future ;
- Condition de sous-sol favorable, ne nécessitant pas de fondation profonde.

IV.1-Caractéristiques de la centrale [1]:**IV.1.1-Combustibles :**

Le combustible utilisé pour les chaudières est : le gaz naturel de HASSI R'MEL. Le débit nécessaire pour assurer la pleine charge des quatre groupes : 160 000 Normal m³/heures. Le secours est assuré par du fuel (huile domestique) stocké dans deux réservoirs de 10 000 m³ chacun.

IV.1.2-Générateur de vapeur :

Le générateur de vapeur (chaudière) a pour rôle de transformer l'eau en vapeur à haute pression pour alimenter le groupe turbine alternateur (GTA).Les générateurs de vapeurs sont de type à circulation naturelle (circulation naturelle de l'eau et de la vapeur), l'eau qui arrive par gravité vers les tubes écrans, sera vaporisée sous l'effet de la combustion, et la vapeur produite, sera acheminée vers la partie supérieure du ballon chaudière par différence de densité avec l'eau.

IV.1.2.1-Constitution de générateur :

Le générateur est constitué des parties suivantes :

- **Un ballon**

C'est un réservoir dont le rôle est de séparer naturellement la phase vapeur de la phase liquide pour faciliter la circulation naturelle dans les tubes vaporisateurs, et d'assécher la vapeur saturée.

- **Un économiseur**

C'est un échangeur de chaleur, il sert à réchauffer l'eau d'alimentation pour éviter les chocs thermiques que provoquerait l'arrivée d'eau froide dans le ballon chaud.

- **Quatre Colonnes de descentes et tubes écrans**

Les colonnes de descentes sont raccordées à la partie inférieure du ballon et conduisent l'eau à l'écran vaporisateur. L'eau se trouvant dans l'écran vaporisateur va être ainsi chauffée directement par rayonnement et va se vaporiser.

- **Trois surchauffeurs**

Ce sont des échangeurs de chaleur. Ils sont situés généralement dans le circuit de gaz de combustion. Ils servent à resurchauffer la vapeur provenant du ballon chaudière afin de la rendre sèche. Ils sont placés de telle manière que les gaz chauds de la combustion passent d'abord dans le surchauffeur secondaire haute pression (HP), puis dans le surchauffeur basse pression (BP) et enfin dans le surchauffeur final. Le surchauffeur permet d'élever la température de la vapeur sans élever sa pression.

- **Deux resurchauffeurs**

Ce sont des échangeurs de chaleur dont lesquels, une partie de la vapeur qui est passé par la turbine haute pression (HP) réchauffe l'eau d'alimentation.

- **Trois désurchauffeurs**

Ils sont alimentés par l'eau courante et utilisés pour la stabilisation de la température de la vapeur. Ils sont placés entre les surchauffeurs et les resurchauffeurs.

- **Huit brûleurs**

Leurs rôle est d'assurer le mélange parfait combustible-comburant en vue d'une bonne combustion. (Réparties sur la face avant de la chambre de combustion.)

- **Deux ventilateurs de recyclage**

Ils ont pour rôle de recycler une partie des fumées issues de la combustion afin de réguler la température à la sortie des resurchauffeurs.

- **Deux ventilateurs de soufflage**

Ils ont pour rôle de fournir l'air de combustion nécessaire au générateur de vapeur.

- **Deux préchauffeurs d'air à vapeur**

Servent à l'augmentation de la température de l'air de combustion.

- **Un réchauffeur rotatif d'air de combustion**

Sert à réchauffer l'air de combustion par récupération de chaleur des fumées.

IV.1.3-le poste d'eau :

Le poste d'eau est l'ensemble des équipements qui préchauffe l'eau et le transfère du condenseur jusqu'à la chaudière en passant par la bache alimentaire (dégazeur).

IV.1.3.1-Constitution :

- **Condenseur**

Assure la condensation de la vapeur évacuée du corps basse pression (BP) de la turbine par la circulation de l'eau de mer de refroidissement (débit de $2 \times 12000 \text{ m}^3/\text{heures}$), dans les 14850 tubes en titane contenus dans le condenseur.

- **Trois Pompes alimentaires**

Servent à alimenter la chaudière à partir de la bache alimentaire (le débit nominale des pompes est $3 \times 261,6 \text{ m}^3/\text{heures}$).

- **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 basse pression (le débit nominale d'une pompe d'extraction est $414 \text{ m}^3/\text{heures}$).

IV.1.4-La turbine :

La turbine transforme l'énergie thermique contenue dans la vapeur provenant de la chaudière en un mouvement de rotation de l'arbre. Le travail mécanique obtenu sert à entraîner l'alternateur. La turbine possède trois corps : corps HP (sa pression de fonctionnement est de 172 bars), corps MP (sa pression de fonctionnement est de 48 bars) et le corps BP. Elle contient aussi de nombreux de soutirages de vapeur en nombre de six alimentent trois réchauffeurs BP, la bache alimentaire et deux réchauffeurs HP.

IV.1.5-Alternateurs :

Est un générateur d'électricité qui lie directement avec l'arbre de la turbine, sert à transformer l'énergie mécanique produite par la turbine en énergie électrique (l'alternateur de la station de CAP-DJINET produit une tension de 15.5 KilosVolt/50 Hertz).

IV.1.6-Transformateur :

Chaque tranche dispose de trois types de transformateurs qui remplissent les fonctions différentes :

- 168 MW sont évacués à travers un transformateur élévateur principal (TP) relié au réseau externe, son rôle consiste à élever la tension (15.5 KV/225 KV), et la mettre à la disposition de tout le réseau national.
- un transformateur abaisseur de soutirage (TS) : non relié au réseau externe, son rôle consiste à abaisser la tension (15.5 KV/6.3 KV) et la réinjecter dans la station elle-même pour subvenir aux besoins interne de la centrale.
- Transformateur de réseau (TR) : alimenté depuis une ligne spéciale venant de la région de Si-Mostapha : c'est un transformateur abaisseur (63KV-6.3KV), son rôle consiste à assurer l'énergie électrique nécessaire au démarrage de la centrale dans le cas où les quatre unités s'arrêtent totalement.

Il existe deux disjoncteurs au niveau de la station

- Le disjoncteur machine à commande d'air comprimé (P=30 bars), sert à protéger l'alternateur contre les défauts électriques, (situé dans la salle des machines avant les transformateurs).
- Disjoncteurs ligne 220 KV à gaz à commande hydraulique (P=315 bars), sert à protéger le groupe contre les défauts extérieurs, (situé après les transformateurs).

L'énergie électrique produite est évacuée par l'intermédiaire de lignes 225 KV sur le poste ALGER-EST (BOUDOUAOU).

IV.1.7-Systèmes de surveillance, d'alarme et d'analyse :

Pour permettre une bonne conduite du groupe de production des paramètres d'exploitation (température, pression, niveau d'eau, vibrations..), des différents équipements du groupe, sont indiqués, enregistrés en permanence en salle de commande et signalés en cas de dépassement de seuil. Pour une meilleure analyse, en cas d'incident un, consigneur d'état est installé. Il permet d'enregistrer les alarmes dans un ordre chronologique.

IV.1.8-Salle de commande centralisée :

Chaque paire de tranches est contrôlée et réglée depuis une salle de commande. La salle de commande pour chaque paire de tranche comprend : deux pupitres de conduites, deux tableaux verticaux où sont rassemblés les organes de commande et les appareils d'enregistrement de la plus grande partie des paramètres, un tableau synoptique schématisant les auxiliaires électriques.

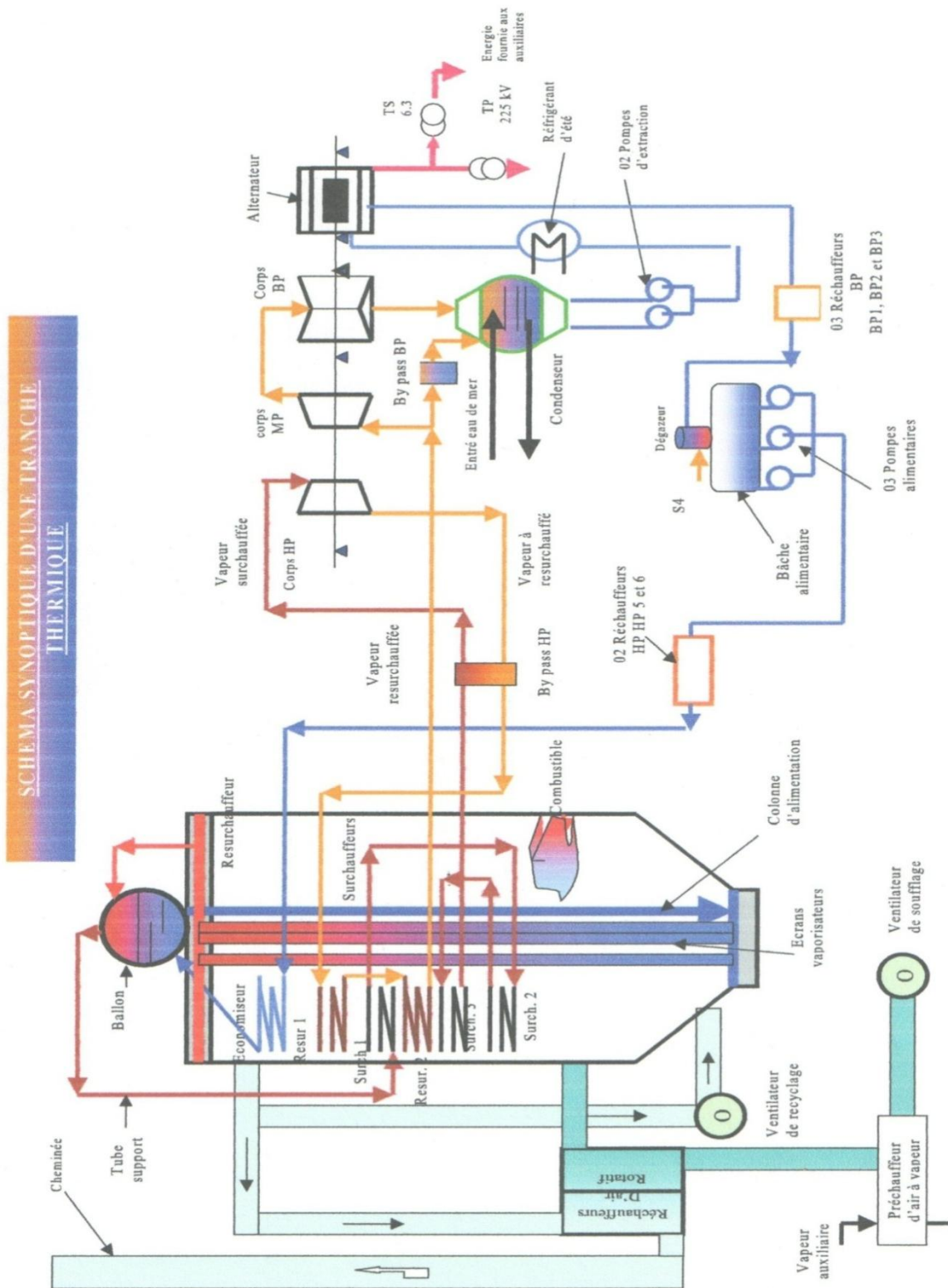


Figure II.5 : Schéma synoptique de la centrale thermique [1].

IV.2-Auxiliaires communs aux quatre tranches :**IV.2.1-Une station de production d'hydrogène :**

Sert à produire l'hydrogène nécessaire au refroidissement des quatre alternateurs de la centrale.

IV.2.2-Poste gaz :

Il se compose de deux lignes de filtration de gaz, et trois lignes de régulation pour la détente de gaz de 60 à 6 bars.

IV.2.3-Poste fuel :

En cas d'incident qui se présente sur le poste gaz on peut allumer la chaudière au fuel, ce dernier est stocké dans deux bâches de 10.000m³ chacune pour la réserve.

IV.2.4-La station de pompage :

L'eau de mer pénètre dans le domaine de la station grâce à trois conduites en béton de 2.7 mètre de diamètre enfouies à une profondeur de 7 mètre et de longueur de 900 mètre en direction de la mer. Cette station est située à un niveau inférieur au niveau de la mer, ce qui fait que l'eau pénètre par simple gravitation. A ce niveau aucune pompe n'est utilisée, cette eau passe par plusieurs filtres pour éliminer les gros déchets qui sont ensuite rejetés vers la mer.

IV.2.5-Station de dessalement :

Le dessalement de l'eau a pour fonction de couvrir les besoins en eau de la chaudière ainsi que les besoins en eau potable de la centrale. La station contient quatre unités de dessalement produisant 500 m³/jour, chacune assure la production en eau dessalée, stockée dans deux bâches (2*2700m³).

IV.2.6-Station électro chloration :

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

IV.2.7-Station de déminéralisation :

L'eau qui arrive de la station de dessalement à la station de déminéralisation passe par plusieurs niveaux graduels. Les mesures prises lors des contrôles de qualité concernent principalement le PH et la conductivité électrique de l'eau. Le but de ce traitement est d'aboutir à une eau dont le PH est très proche de 7 et une conductivité presque nulle. Une fois déminéralisée, l'eau obtenue est envoyée vers les deux réservoirs de stockages.

IV.3-Principe de fonctionnement d'une tranche de production :

Le fonctionnement d'une tranche de production est représenté dans la figure(II.5)

IV.3.1-Circuit eau-vapeur :

Après dessalement et déminéralisation de l'eau de mer, les pompes d'alimentation assurent le débit d'eau nécessaire à la pression de service de la chaudière. L'eau en provenance des pompes alimentaires est réchauffée à une température de 246.3°C sous une pression de 164.3 bars avant d'être introduite dans l'économiseur à une température de 248.70°C et une pression de 164 bars en direction du ballon.

L'eau du ballon passe dans les collecteurs inférieurs de l'évaporation, la vapeur saturée(mélange eau- vapeur) s'élève dans les tuyaux chauffés des parois à membrane vers les collecteurs supérieurs, retournés ensuite au ballon avec 347.5°C et 160 bars, où la vapeur sera séparée de l'eau dans des cyclones, l'eau sera réutilisée dans le circuit de l'évaporation tandis que la vapeur va traverser une série de trois surchauffeurs(primaire, secondaire et tertiaire), altérés de deux refroidisseurs à injection qui servent de régulateur de température. A la sortie du surchauffeur tertiaire, la vapeur passe dans le corps de haute pression(HP) de la turbine avec une température de 540°C et 172 bars, la vapeur se tend et se refroidit. Avant de passer dans le corps moyen pression(MP), elle traverse deux resurchauffeurs où elle est portée à 540°C et 48 bars. Du corps MP, la vapeur passe directement dans le corps de basse pression (BP), dans elle se tend complètement.

La vapeur est transformée en eau dans le condenseur qui relie directement au corps de la basse pression (BP), ce condenseur constamment maintenu sous vide, est refroidie avec une circulation d'eau de mer. L'eau est extraite du condenseur par les pompes qui la refoulent vers les réchauffeurs basse pression(BP), ensuite vers le dégazeur qui élimine les gazes pouvant être dissous (oxygène), d'où elle est extraite par les pompes alimentaires et le circuit reprend son cycle.

IV.3.2-Transformation d'énergie dans le groupe [2]:

Par l'intermédiaire du groupe turboalternateur, l'énergie électrique est produite par transformation de l'énergie thermique disponible provenant de la chaudière. La transformation n'est pas directe, mais passe par des transformations intermédiaires.

L'ordre de transformation est comme suit :

- **Energie cinétique**

La détente augmente la vitesse de la vapeur dans les tuyères/aubages fixes pendant la transformation de l'énergie cinétique. Elle est fonction de la vitesse d'écoulement de la vapeur

- **Energie mécanique ou travail mécanique :**

L'écoulement de la vapeur dans les aubages mobiles est curviligne, induit une force sur les parois des aubages, ayant le sens de la vitesse tangentielle des aubages.

- **Energie électrique :**

Couplé à l'arbre de la turbine, le rotor de l'alternateur induit aux bornes du stator une différence de potentiel qui produit un courant, si celui-ci est couplé sur le réseau, il fournit une puissance de 220MW au réseau.

V-Conclusion :

La source que la centrale électrique de CAP-DJINET utilise pour la production d'électricité est l'eau de mer, cette eau doit être traitée avant toute utilisation. Une étude montre que si la centrale fonctionnait directement à l'eau de mer, il suffirait de 9 heures pour que tous les tuyaux de la centrale soient bouchés. En effet, on doit utiliser une eau pure qui ne laisse aucun sel, ni minéraux dans les circuits après sa vaporisation pour ne pas causer de problèmes. Pour purifier l'eau des sels, des minéraux et des calcaires qu'elle contient, elle doit passer de deux stations chimiques : la station de dessalement et la station de déminéralisation. Dans le chapitre suivant nous allons présenter le processus de dessalement au niveau de la centrale thermique de CAP-DJINET qui se fait par la distillation multi-stage flash (MSF).

Chapitre III

Processus de dessalement de la centrale

I-Introduction :

Toute centrale, type vapeur dispose généralement d'une installation de dessalement et de déminéralisation de l'eau brute (eau de mer) pour alimenter les chaudières. Ce chapitre sera consacré à la description de l'unité de dessalement de CAP-DJINET et son fonctionnement.

II-1' unité de dessalement d'eau de mer :

Les besoins journaliers en eau dessalée de la centrale thermique sont de l'ordre de 1100m^3 . L'installation comprend quatre unités de dessalement indépendantes les unes des autres (trois unités sont en service et la quatrième est désinstallée), fonctionnant selon le principe de la distillation par détente successives à 18 étages, et qui produit 500m^3 d'eau dessalée par jour chacune, qui sera stockée dans deux réservoir de 2700m^3 .

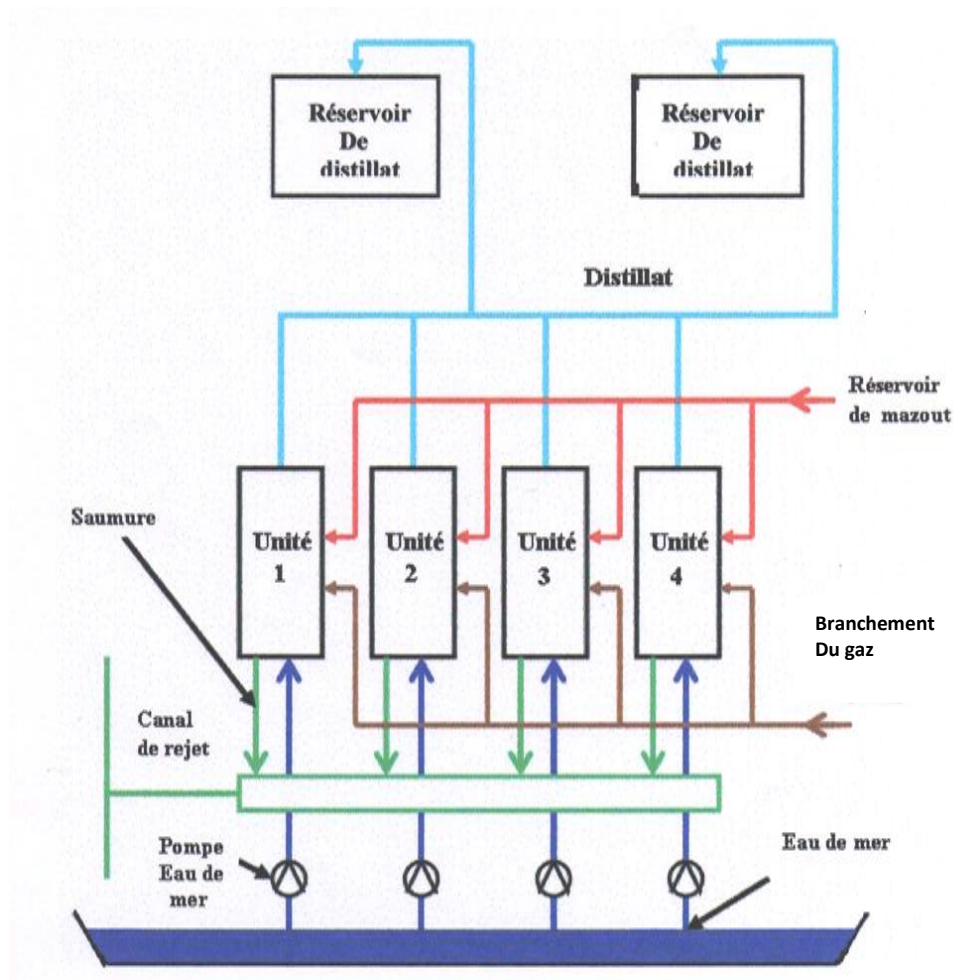


Figure III.1:Schéma simplifié de l'unité de dessalement.

II.1-Prétraitement de l'eau :

L'eau de mer subit des prétraitements avant d'être introduite dans l'unité de dessalement.

II.1.1-Station de pompage :

La prise d'eau se trouve à 900mètre (m) de la côte et à une profondeur de 7m. La station de pompage se compose d'un bassin d'alimentation, de quatre voies de filtration, et des chambres d'aspiration pour les pompes de l'installation de dessalement, de la chloration et pour la pompe incendie. Entre les voies de filtration sont disposées les chambres d'aspiration, les deux chambres extérieurs servent à l'alimentation de l'installation de dessalement d'eau de mer par les pompes de transfert et comprend chacune une pompe pour la chloration. Dans la chambre d'aspiration du milieu est installée la troisième pompe de chloration et une pompe incendie à eau de mer.

II.1.2-Filtration de l'eau de mer [3] :

Ce procédé sert à l'extraction par filtrage des impuretés de l'eau de mer utilisée comme eau de circulation principale et au rinçage de détritiques afin qu'ils puissent être transportés dans les paniers de récupération. Chaque tranche de la centrale est associée à une voie de filtration qui est équipée d'une grille à grappin, d'un circuit d'arrosage et d'un tambour filtrant.

- **Filtration primaire (dégrillage) :**

Une première filtration de l'eau de mer effectuée par une installation composée d'une grille à grappin, entraînée électriquement, cette grille sert à retenir les impuretés de l'eau de grandes tailles. Les matières retenues par la grille sont soulevées jusqu'au niveau d'évacuation de détritiques. Le débit d'eau dans cette étape est 12500m^3 /heures.

- **Filtration secondaire (tamisage) :**

La filtration secondaire qui est finale se fait par des tambours filtrants, chaque tambour est constitué par une structure à rotation lente dans laquelle l'eau entre de chaque côté. Les panneaux filtrants sont montés à la périphérie de la structure tournante, et l'eau est refoulée vers l'extérieur depuis le centre du tambour à travers les mailles filtrantes. Tandis que le filtre tourne, le détritiques adhérant à l'intérieur des panneaux passe au-dessus des paniers de récupération placés à l'intérieur du filtre.

III- Description de l'unité de dessalement [1]:

- Les conduites suivantes forment l'installation de dessalement :

WB : Buées de condensation

WC : Désaéragé

WE : Eau de mer

WF : Saumure

WG : Evaporateur

WH : Circuit d'eau chaude

WJ : Distillat

WL : Chaudière à eau chaude

WN : Nettoyage avec acide

WO : Alimentation en mazoute

WP : Traitement chimique

WQ : Ballon de désaéragé

WR : Recirculation de saumure

WS : Pompe d'injection à eau

WW : Alimentation en gaz

WY : Rejet de saumure

WT : Dispositifs auxiliaire

III.1-L'évaporateur (WG11B001) :

L'évaporateur est constitué de trois étages pour la dissipation de chaleur et de quinze étages de récupération de chaleur. Le faisceau des tubes de condenseur se trouve dans la partie supérieure de chaque chambre. Dans chacun des faisceaux, quelques tubes sont séparés des autres, ce compartiment séparé sert de zone de refroidissement pour les gaz non condensables. Le dernier étage est muni d'un indicateur de niveau pour le distillat et la saumure. Tous les dispositifs, sont prévus pour vider et aérer totalement toutes les étages. Le tableau 4 donne certaines caractéristiques aux différents points de l'évaporateur.

Zone de dissipation de chaleur	
<ul style="list-style-type: none"> • Liquide du côté tube : eau de mer • Température d'entrée : 20⁰C • Réchauffement moyen par étage 2.5⁰C • Taux de salinité : 39.4mg/l 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre d'étage : 03 • Perte totale de pression : 7.1mbars • Température de sortie : 27.51⁰C
Zone de récupération de chaleur	
<ul style="list-style-type: none"> • Liquide de côté tube : saumure • Température d'entrée : 27.4⁰C • Réchauffement moyen par étage 3.2⁰C 	<ul style="list-style-type: none"> • Perte totale de pression : 32.7mbars • Température de sortie : 75.4⁰C • Taux de salinité : 60mg/l • Nombre d'étage : 15
Saumure de détente	
<ul style="list-style-type: none"> • Température d'entrée 83.0⁰C • Pression en premier étage : 0.446 bars • Chute moyenne par étage : 3.1⁰C • Débit de saumure : 31t/h • Quantité d'eau d'alimentation : 52 t/h • Salinité à l'entrée : 60mg/l 	<ul style="list-style-type: none"> • Salinité de la saumure : 65.3mg/l • Température en dernier étage : 27.30C • Pression au dernier étage : 0.034bars • Pureté du distillat : 15-20mg/l • Nombre d'étage : 18 • Quantité de distillat : 20.83 t/h • Production moyenne de distillat : 1.16 t/h

TableauIII.1 : Caractéristiques techniques de l'évaporateur [1].

III.2-Le réchauffeur final (WH11B001):

Le réchauffeur final est un échangeur thermique à faisceaux de tubes droits, l'eau de mer traverse les tubes, alors que l'eau chaude circule sur les côtés enveloppe. Il consiste à chauffer la saumure sortant des zones de récupération de chaleur à une température de 83⁰C. La saumure de recirculation coule du dernier étage du condenseur au réchauffeur final pour y être chauffé, ensuite le procédé de détente pourra commencer dans le premier étage d'évaporation.

III.3-La chaudière d'eau chaude (WL12D001):

C'est une chaudière à eau chaude et basse pression, elle est équipée d'un brûleur approprié pour gaz et mazout avec une pompe de combustible, des électrodes d'allumage et réglage de brûleur automatique, et d'une conduite de raccordement au réchauffeur final. Elle est caractérisée par une température de service de 95⁰C et d'un débit de 280m³/h.

III.4-Système d'évacuation : mise sous vide :

L'eau de mer naturelle utilisée pour le procédé d'évaporation est saturé de gaz incondensables tels que l'oxygène, et l'azote, ainsi que le gaz carbonique formé par le bicarbonate, sont peu à peu libérés dans les étages de l'installation et peuvent nuire à l'échange de chaleur, ces gaz

incondensables sont amenées de l'étage 2, jusqu'à l'étage 4, puis de l'étage 5 à l'étage 13 et enfin de l'étage 14 à l'étage 18, et sont évacués aux points d'aspiration des étages 1, 4, 13 et 18. La pompe d'éjection de vapeur se sert des gaz et de la vapeur, quelle entraîne dans l'étage 1, en tant que courant de propulsion, afin d'aspirer les gaz non condensables des étages 14 à 18. La pompe d'éjection d'eau est prévue pour aspirer les gaz de la pompe d'éjection de vapeur et ceux des étages 2 à 13, l'eau motrice de l'éjecteur est mise en circulation par la pompe WS11D001. Un réservoir de désaéragage fait partie de ce circuit, les gaz dissous dans l'eau sont libérés et évacués à l'atmosphère. Les gaz et la vapeur ont une température supérieure à celle de l'eau motrice en circulation. Pour éviter l'échauffement indésirable de l'eau motrice, on remplace une partie de cette eau chaude, par la même quantité d'eau de mer froide. Lors du démarrage de l'installation, seule la pompe d'éjection d'eau (la pompe de vapeur n'est pas encore en service) vide l'évaporateur et la conduite d'aspiration d'eau de mer.

III.5-Pompe [1]:

On trouve dans la centrale de CAP-DJINET différents types de pompes :

➤ **Pompe de traitement :**

Pour tous les liquides circulant dans le poste de dessalement en employant des pompes volute.

- Pompes de circulation de saumure WR11D001 à WR41D001 ;
- Pompes de rejet de saumure WF11D001 à WF41D001;
- Pompes de distillat WJ11D001 à WJ41D001;
- Pompes de recirculation d'eau chaude WH11D001 à WH41D001 ;
- Pompes d'eau motrice WS11D001 à WS41D001.

Le tableau suivant représente les différentes pompes utilisées et leurs caractéristiques.

Pompes	Pompe de recirculation	Pompes de saumure	Pompe de distillat	Pompe d'eau motrice	Pompes de recirculation d'eau chaude
Refolement m ³ /h	258	36	25	103	280
Hauteur de refolement m	61	18	33	18	8
Puissance KW	65.8	2.75	4.2	6.9	8.1
Vitesse de rotation t/m	1540	1540	2900	2900	1540

Tableau III.2 : Caractéristique technique des pompes centrifuges de traitement [1].

➤ **Pompes de transfert d'eau de mer :**

Les pompes de transfert d'eau de mer installées dans la station de pompage sont des pompes centrifuges verticales.

Caractéristiques fonctionnelles	Pompe d'eau de mer
Milieu d'alimentation	Eau de mer
Débit (m ³ /h)	289
Rendement (%)	70
Densité/ température (KG/dm ³ -C ⁰)	1.026/27
Hauteur de refolement (m)	39
Vitesse de rotation (tr/mn)	1450
Puissance nécessaire(KW)	44.8
Liquide d'arrêt	Eau de mer

Tableau III.3: Caractéristiques techniques des pompes de transfert d'eau de mer [1].

Après ces pompes, sont installés des filtres à décolmatage par contre-courant (auto-nettoyant), à la conduite d'eau de mer. L'eau de mer à filtrer pénètre dans ce filtre à la bride d'entrée, traverse le double panier filtrant et quitte le filtre à la bride de sortie. Les impuretés sont retenues dans le filtre par la toile filtrante de panier, lorsque par la suite d'un colmatage du filtre, on atteint la perte de charge limite, le procédé de décolmatage par contre-courant se met en marche automatiquement.

➤ **Pompes d'éjection :**

Caractéristique fonctionnelle	Pompe d'éjection de vapeur	Pompe d'éjection d'eau
Température d'entrée °C	86.27	38.2
Aspiration des étages	14-18	2-4-5-13
Pression d'entrée en bars	0.607	2.8
Pression de sortie en bars	0.143	1.0133
Capacité (kg/h)	2.95	Max 15.8
Quantité (kg/h)	68.900	130.000

Tableau III.4 : Caractéristiques techniques des pompes d'éjection [1].

➤ **Pompes doseuses :**

Caractéristique fonctionnelle	Pompe doseuse de BELGARD EVN	Pompe doseuse de bisulfite de sodium
Milieu d'alimentation	BELGARD EVN	de bisulfite de sodium
Débit (m ³ /h)	0.0026 (max)	0.006 (max)
Masse volumique/température (Kg/m ³ c ⁰)	1.0/50 (max)	1.0/50 (max)
Hauteur de refoulement (m)	120	120
Vitesse de rotation (tr/mn)	1500	1500
Puissance nécessaire (KW)	0.25	0.25

Tableau III.5 : Caractéristiques fonctionnelles des pompes doseuses [1].

III.6-Injection de produits chimiques :

Le système d'injection de produits chimiques a pour but de protéger l'installation de dessalement d'eau de mer contre l'entartrage, les salissures et la formation de mousse.

- **Protection contre l'entartrage :**

L'entartrage est un dépôt de sels minéraux qui a tendance à se former sur les surfaces intérieures des tubes, entraînant ainsi une augmentation de la consommation d'énergie et une baisse du rendement. La centrale dispose d'instrument d'injection du BELGARD EVN à 3.5 mg/litre

- **Protection contre les salissures :**

Les salissures sont une cause importante de corrosion sous dépôt et de détérioration de la capacité d'échange thermique. Entre 6 et 12 mois, il sera nécessaire de nettoyer le réchauffeur final à l'acide chlorhydrique.

L'agent nettoyant utilisé à la centrale est l'acide chlorhydrique (environ 170 litres de solution HCL, à 30% par nettoyage) est dosé et injecté par une pompe doseuse avec un débit de 35.25kg/heures pendant 8 heures, soit dans l'eau de mer, soit dans la saumure de recirculation suivant la zone à nettoyer. Le procédé de nettoyage se fait en fonction de valeur de PH, c'est-à-dire lorsque la valeur de PH mesurée à la sortie ne descend plus très vite ou est constante.

- **Protection contre la formation de mousse :**

L'eau de mer sujette à une augmentation saisonnière de teneur en produits organiques, peut avoir tendance à mousser lorsqu'elle est traitée en usine de dessalement. Une partie de cette mousse peut arriver au distillat et le rendre inutilisable, dans ce cas le produit chimique préconisé (BELITEM33 à 0.1 mg/litres) peut être dissout et dosé avec l'inhibiteur d'incrustation.

- **Neutralisation au chlore :**

L'eau de mer, de la centrale thermique, est traitée au chlore actif, ce procédé détruit les organismes se trouvant dans l'eau de mer. Un excédent de la concentration de chlore actif dans l'eau de mer alimentant le poste de dessalement influe négativement sur le procédé. Le contenu de chlore actif est mesuré et si sa teneur augmente, on ajoute du sulfate de sodium (Na_2SO_3) dans l'eau de mer servant d'eau d'alimentation, ce qui neutralise le chlore.

IV-Commande et réglage de l'installation

L'armoire de commande comprend l'équipement de commande et de réglage pour l'ensemble de l'installation. En ce qui concerne l'appareil d'automatisation-ordinateur, les fonctions de commande souhaitées ont été déformées par une série d'instructions « step5 » formant le programme. La surveillance de l'unité de dessalement d'eau de mer se fait sous contrôle des paramètres suivants:

- **Le débit**

La consommation en eau de mer est déterminée par les consommateurs, c'est-à-dire le condenseur de la zone de dissipation de chaleur et le système de désaéragage, qui peuvent être réglés individuellement. Donc, il n'est pas nécessaire de mesurer la quantité totale d'eau de mer. La saumure de recirculation se dirigeant vers la zone de récupération de chaleur est réglée par la soupape WR15S001. Le débit de saumure est indiqué à l'armoire de commande. Lors du démarrage, ce débit augmente progressivement, et 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), la quantité de distillat (WJ13F001) est indiquée sur l'armoire de contrôle et sur la machine.

- **La pression**

Parmi les manomètres placés sur les organes eux-mêmes, se trouve l'indicateur de pression de buées WG11P002, de l'étage 18 et l'indicateur de pression de saumure WR14P001 à la sortie du réchauffeur final. Le manomètre de l'étage 18 indique la pression de saturation et donc l'efficacité du désaéragage. Cette pression est indiquée à l'armoire de commande. Sur chaque pompe, côté pression, sont également placés des manomètres.

- **La 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. Le télé-indicateur placé à la sortie du réchauffeur final donne la température maximale de saumure WR14T002.

Les indicateurs de température dans le circuit d'eau de la chaudière permettent de se faire une idée de l'état du système de la chaudière. Le thermorégulateur règle le brûleur suivant le signal donné par le thermomètre WH12T001 placé devant la chaudière. A chaque étage se trouvent des thermomètres qui contrôlent la température de détente de la saumure dans l'évaporateur.

- **Le niveau**

Le niveau 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. Pour mesurer les niveaux de saumure et de distillat des indicateurs de niveau à volet magnétique sont prévus à l'étage 18, et un indicateur supplémentaire pour le niveau de saumure à l'étage 1. Les étages 2 à 17 sont également équipés d'indicateurs de niveau à volet magnétique. Les niveaux de saumure des étages 1 et 18 sont indiqués sur le pupitre de télésurveillance. Le point de commutation (L) donne le signal d'alarme et le point de commutation (LL) déclenche l'arrêt de l'unité.

- **La conductivité**

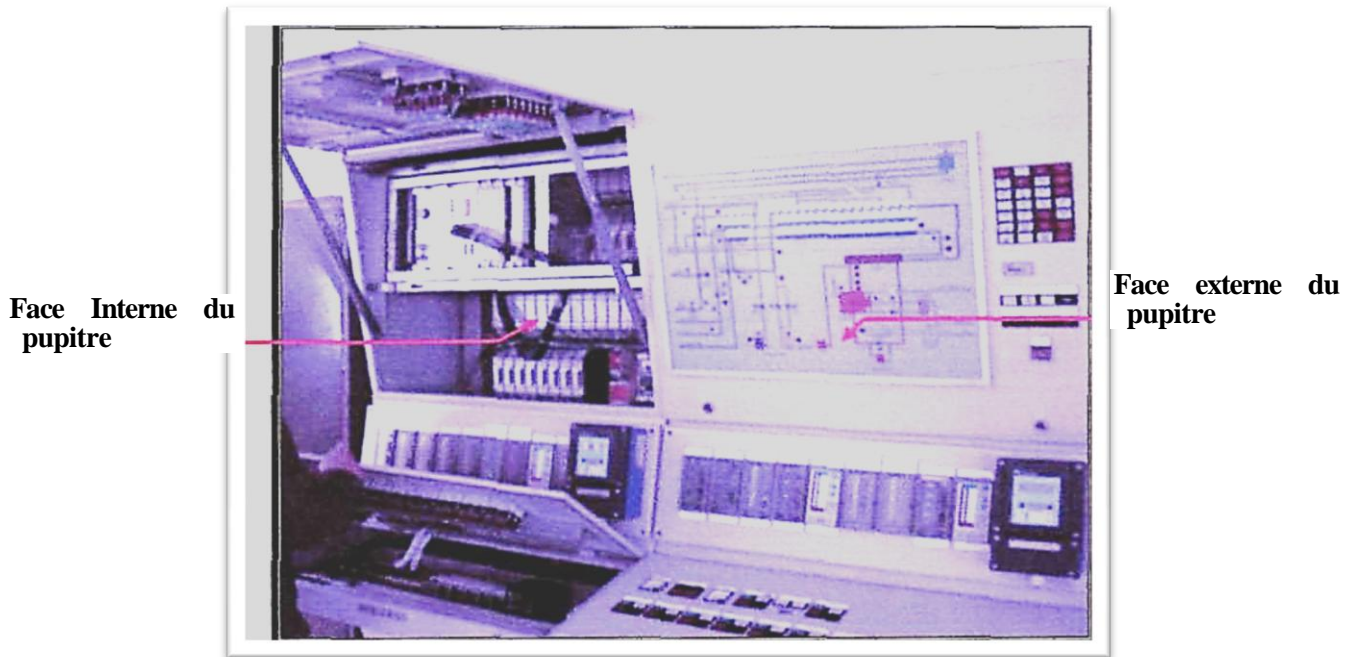
La conductivité est la mesure de la capacité d'une eau à conduire un courant électrique, elle varie en fonction de la température. Elle est reliée à la concentration et à la nature des substances dissoutes. La qualité du distillat est indiquée et contrôlée en permanence par le conductimètre WJ12A00 1. La conductivité maximale admise pour le distillat dépend de l'utilisation prévue, soit comme eau potable, soit comme eau d'alimentation. Des valeurs limites réglables déclenchent automatiquement le rejet de distillat vers la soupape WJ12S005.

- **Dispositif de sécurité de la chaudière :**

Le système de sécurité de la chaudière possède deux thermostats, un avertisseur de pression d'eau et un avertisseur de niveau. Le premier thermostat coupe le brûleur, tandis que la pompe de recirculation du brûleur continue à fonctionner. Dès que la température d'eau de la chaudière baisse, le brûleur se remet automatiquement en marche. Le second thermostat sert de dispositif de sécurité pour arrêter l'installation en cas d'urgence.

IV.1-Description du pupitre de commande :

Pour chaque unité de dessalement est associé un pupitre de commande afin de surveiller et commander 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 poussoir, des régulateurs pour la commande des pompes et des clapets. L'automate et les modules d'E/S sont rangés dans la face interne du pupitre.



FigureIII.3 : Pupitre de commande [1].

- **Les lampes témoins**

Comme chaque processus complexe, les opérateurs d'exploitation sont informés en permanence de l'état d'évolution de leur unité de production.

Le tableau suivant résume les plus importants paramètres de communication.

Lampes	significations
Prêt de départ	Installation prêt de démarrage
Complet en service	Fonctionnement de l'unité
Réservé	Non utilisé
Klaxon	Alarme sonore
vérifier les lampes	Test de bon fonctionnement des lampes
Quitter klaxon	Eteindre l'alarme sonore
Quitter/ éteindre	Eteindre la lampe d'alarme
Déverrouillage de défaut de bruleur	Débloquer le bruleur
Arrêt d'urgence	Bouton d'arrêt d'urgence

Tableau III.6 : Les lampes témoins.

- **Les régulateurs utilisés pour la commande sont donnés par le tableau suivant :**
L'unité de dessalement est équipée de plusieurs régulateurs standards PID, afin de contrôler les principales grandeurs agissantes sur processus de transformation d'eau de mer, tels que le débit d'eau, la température, le niveau ... etc.

Le tableau III.7 résume les différents régulateurs utilisés.

Régulateur	Organe de réglage	Grandeur réglée
WE19C001	WE19S001	Le débit d'eau d'alimentation
WE14C001	WE14S002	Deux grandeurs à régler -la pression de la chambre 18 (indication) -la température d'eau de mer chaude.
WR12C001	WR12S004	-la conductivité de saumure. -indication de la température de saumure à l'entrée de la chambre 15
WR12C001	WR15S001	Débit de recirculation de saumure
WH12C001	WJ11S001	Température d'eau chaude
WG11C018	WJ12S002	Niveau de distillat dans la chambre 18 de l'évaporateur.
WG11C018	WF12S003	Niveau de saumure dans la chambre 18 de l'évaporateur

Tableau III.7 : Régulateurs utilisés dans l'unité.

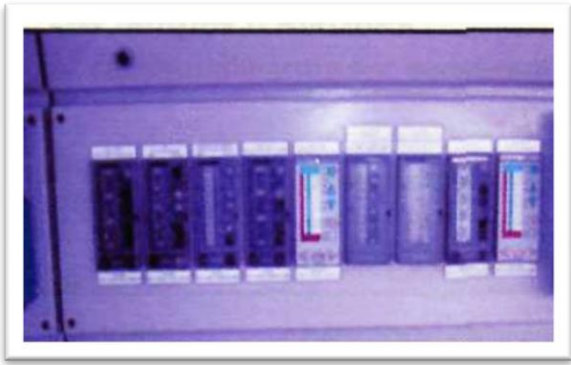


Figure III.4 : Régulateurs sur pupitre [1]

figure III. 5: Les lampes témoins [1].

- **Les boutons poussoirs**

Pour plus de sécurité, l'installation est équipée de boutons poussoirs afin d'assurer un fonctionnement en mode manuel. Le tableau III.8 montre les boutons existants.

Bouton	Organe de commande
WE11D001	Pompe d'eau de mer
WS11D001	Pompe motrice
WR11D001	Pompe de recirculation de saumure
WH11D001	Pompe de recirculation d'eau chaude
WP15D001	Pompe doseuse de bisulfate de sodium
WL11D001	Bruleur
WP12D001/WP13D001	Pompe doseuse des additifs chimiques
WJ12S002	Clapet de distillat
WJ11D001	Pompe de distillat
WF11D001	Pompe de saumure

Tableau III.8: Les boutons poussoirs utilisés dans l'unité.

- **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 suivant.

Alarme	Action
WE19F001 /AL	Alarme sur pupitre (alarme low pour le débit d'eau de mer)
WE13P001 /AL	Alarme sur pupitre (alarme low pour la pression d'eau de mer)
WG13P002 /AH	Alarme sur pupitre (alarme high pour la pression dans l'évaporateur)
WG11L001 /AH	Alarme sur pupitre (alarme high pour le niveau dans l'évaporateur)
WG11L019 AH/AL	Alarme sur pupitre (alarme high/low pour le niveau dans l'évaporateur)
WG11L018 AH/AL	Alarme sur pupitre (alarme high/low pour le niveau dans l'évaporateur)
WH13P001 /AL	Déclenchement de l'unité (alarme low pour la pression d'eau chaude)
WH16L001 /AL	Alarme sur pupitre (alarme low pour le niveau d'eau chaude)
WH13T001 /AH	Déclenchement de l'unité (alarme high pour la température d'eau chaude)
WH13T002 /AH	Alarme sur pupitre (alarme high pour la température d'eau chaude)
WH12T001 AH/AL	Alarme sur pupitre (alarme high/low pour la température d'eau chaude)
WJ12A001 /AH	Alarme sur pupitre (alarme high pour la conductivité de distillat)
WR12F001 /AL	Alarme sur pupitre (alarme low pour le débit de recirculation de saumure)
WR14P001 /AL	Alarme sur pupitre (alarme low pour la pression de recirculation de saumure)
WR14T002 AH/AL	Alarme sur pupitre (alarme high/low pour la température de recirculation de saumure)
WR12A001 /AH	Déclenchement de l'unité (alarme high pour la conductivité de recirculation de saumure)

WR14F001 /AH	Déclenchement de l'unité (alarme high pour le débit de recirculation de saumure)
Clapet pour fumée a gaz défaut	Alarme sur pupitre
Manque du gaz	Alarme sur pupitre
Retour de fuel blocage	Alarme sur pupitre
24V-defaut	Alarme sur pupitre
Signale sonore blocage/défaut	Alarme sur pupitre
Défaut brûleur	Déclenchement de l'unité

Tableau III.9 : Alarmes affichées sur pupitre de commande.

V-Fonctionnement de l'installation de dessalement :

La pompe d'eau de mer WE11D001 refoule l'eau à travers les clapets WE11S001et WE11S003, le filtre d'eau de mer WE12B001 et le clapet de retenue WE12S004 au travers des condenseurs des étage de dissipation de chaleur (étage 16, 17, 18).Une partie d'eau de mer est détournée avant le clapet WE12S004 et il est destiné à refroidir le système de recirculation de l'aspiration d'air.L'eau réchauffée en provenance des étages de dissipation de chaleur est reconduite.Une partie de l'eau chaude en provenance des étages de dissipation de chaleur est reconduite à la mer et une autre partie est introduite dans le cycle par la conduiteWE19 ayant un clapet régleur WE19S001 qui règle la concentration de la saumure recirculée.

Cette eau remplace une partie de la saumure rejetée et sert d'eau d'alimentation. A l'eau de traitement on ajoute une solution d'inhibiteur d'incrustation prélevé du réservoir à produits chimiques WP11B001L'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 WP14S002, le réservoir avec agitateur WP11B001, les pompes doseuses WP12D001, WP13D001 et les soupapes de retenues WP12S002 et WP13S002. 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 WR12. L'eau de mer peut avoir une augmentation saisonnière en matière organique et à tendance à mousser. Le produit anti-mousse (BELITE M33) peut être additionné à l'inhibiteur d'incrustation.

Après avoir été dégazée, l'eau d'alimentation s'écoule par la tuyauterie, côté aspiration de la pompe de recirculation WR11D001 et se mélange avec la saumure recirculée, qui quitte le dernier étage de l'évaporateur. Cette saumure de circulation est pompée dans les faisceaux du condenseur des étages de récupération de chaleur (1à15) et elle est réchauffée par la chaleur d'évaporation de la vapeur condensée de chaque étage. La saumure part du condenseur et se dirige vers le réchauffeur final WH11B001 qui la porte à la température maximale prévue. La saumure de recirculation brûlante et amenée au premier étage de l'évaporateur au travers de la soupape de réglage WR15S001 qui sert à régler la pression afin d'éviter une détente prématurée dans les tubes du réchauffeur final.

La pression de la première chambre de détente légèrement inférieure à la pression de saturation, 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 du condenseur, dans la partie supérieure de l'étage de l'évaporateur.

La saumure s'écoule dans la partie inférieure de l'étage dans des passages spéciaux et elle se dirige vers la chambre suivante ou 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 et ainsi, le processus se répète dans chacune des chambres. L'évaporation entraîne une baisse progressive de la température de saumure, alors que la concentration des matières dissoutes de la saumure 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 des tubes du conducteur.

Le distillat tombe goutte à goutte des parois des tubes dans les cuves de distillat, puis traverse les ouvertures de passage pour arriver d'étage en étage par la conduite WJ11 à la pompe de distillat WJ11D001 qui l'évacue vers les réservoirs de stockage d'eau dessalée ($2 \times 2700 \text{ m}^3$) par les conduites WJ12 et WJ13. La quantité de distillat est réglée par la soupape de réglage WJ12S004 en fonction de niveau de distillat dans l'étage 18.

Une partie de la saumure concentrée est rejetée du dernier étage par la pompe de rejet de saumure WF11D001 à travers la conduite WF11 dans le canal de rejet. Ce flux est réglé par la soupape de réglage WF12S003 en fonction de niveau de saumure à l'étage 18. La plus grande partie de la saumure s'écoule vers la pompe de recirculation WR11D001.

Les gaz incondensables sont évacués par la pompe d'éjection de vapeur WB14D001 et celle d'éjection d'eau WS12D001. Ces gaz se trouvent toujours dans la vapeur et se composent de l'air infiltré et surtout des gaz dissous dans l'eau de mer libérée pendant le processus d'évacuation. Le flux de vapeur destinée à la pompe d'injection de vapeur provient du premier étage de l'évaporateur à travers la conduite WB14. Cette pompe fait le vide dans les étages 16 et 18. Dans les autres étages, c'est la pompe d'éjection d'eau qui fait le vide. Le flux d'eau nécessaire à la pompe d'éjection d'eau est fourni par la pompe d'eau motrice vers les conduites WE16, WE17, WE18 puis le réservoir de désaéragage. La pompe d'éjection d'eau sert en outre d'éjecteur de démarrage.

L'énergie nécessaire au fonctionnement de l'installation est fournie par la chaudière d'eau chaude WL12D001 munie d'un brûleur mixte, fonctionnant au gaz et au fuel WL11D001. La pompe WH11D001 met en circulation l'eau de la chaudière en circuit fermé vers les conduites WH11, WH12, WH13 et vers le réchauffeur finale. Les dispositifs de sécurité sont la soupape de sûreté WH14S001 et le bac de dilatation WH15B001.

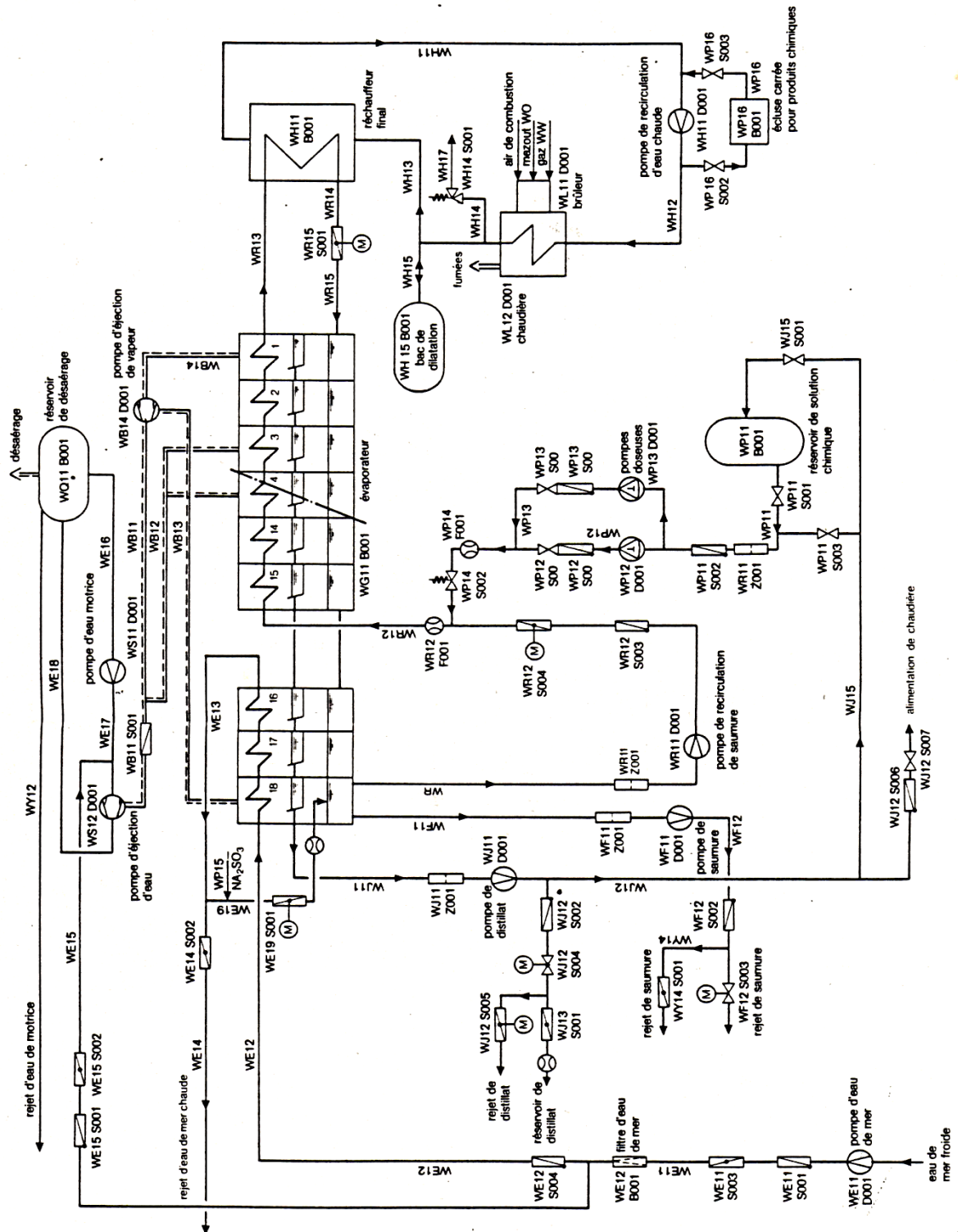


Figure III.6 : Schémas détaillé de l'unité de dessalement [1].

VI-Conclusion :

Dans ce chapitre, on a vu les différentes étapes que l'eau de mer subisse dans la centrale de CAP DJINET pour obtenir une eau dessalée prête à l'alimentation des chaudières. Dans cette optique, une automatisation de l'usine est nécessaire et le choix d'une solution programmée s'impose. Au cours de chapitre suivant, nous allons essayer de modéliser l'unité de dessalement à l'aide du GRAFCET, pour une éventuelle solution programmée.

Chapitre IV

Modélisation de l'unité de dessalement par GRAFCET

I-Introduction :

La modélisation du comportement des systèmes automatisés de productions nécessite une représentation formelle comme le RDP (Réseaux De Pétri) ou le GRAFCET. L'objectif de ce chapitre est de présenter l'outil de modélisation « GRAFCET » ainsi que ces différentes étapes, et de donner un modèle de conduite pour le démarrage et l'arrêt de notre système.

II-Description d'un système automatisé :

D'une façon générale, un automatisme est un dispositif qui permet à la machine ou à des installations de fonctionner avec une intervention de l'homme réduite au strict minimum, l'objectif de cette automatisation est :

- Prendre en charge des tâches répétitives ou dangereuses, ou pénibles à exécuter ;
- Contrôler la sécurité du personnel et des installations ;
- Accroître la production et la productivité, réaliser des économies de matière et de l'énergie ;
- Accroître la flexibilité des installations pour modifier des produits ou rythme de fabrication.

Un système automatisé se compose de deux parties.

II.1-Partie opérative :

Elle agit sur la matière d'œuvre afin d'élaborer la valeur ajoutée. C'est la partie visible du système. Elle comporte les éléments du procédé, c'est à dire :

-des actionneurs (vérins, moteurs, vannes) qui agissent sur la partie mécanique du système qui agit à son tour sur la matière d'œuvre. Ils transforment l'énergie pneumatique (air comprimé), hydraulique (huile sous pression) ou électrique en énergie mécanique.

-des capteurs qui informent la partie commande de l'exécution du travail. Par exemple, on va trouver des capteurs mécaniques, pneumatiques, électriques ou magnétiques montés sur les vérins. Le rôle des capteurs (ou détecteurs) est donc de contrôler, mesurer, surveiller et informer la (PC) sur l'évolution du système.

II.2-Partie commande :

Elle donne les ordres de fonctionnement à la partie opérative. Les pré-actionneurs permettent de commander les actionneurs, ils assurent le transfert d'énergie entre la source de puissance (réseau électrique, pneumatique ...) et les actionneurs (contacteur, distributeur ...). Ces pré-actionneurs sont commandés à leur tour par le bloc traitement des informations. Celui-ci reçoit les consignes du pupitre de commande (opérateur) et les informations de la partie opérative

transmises par les capteurs.

En fonction de ces consignes et de son programme de gestion des tâches (implanté dans un automate programmable ou réalisé par des relais (on parle de logique câblée), elle va commander les pré-actionneurs et renvoyer des informations au pupitre de signalisation ou à d'autres systèmes de commande et/ou de supervision en utilisant un réseau et un protocole de communication.

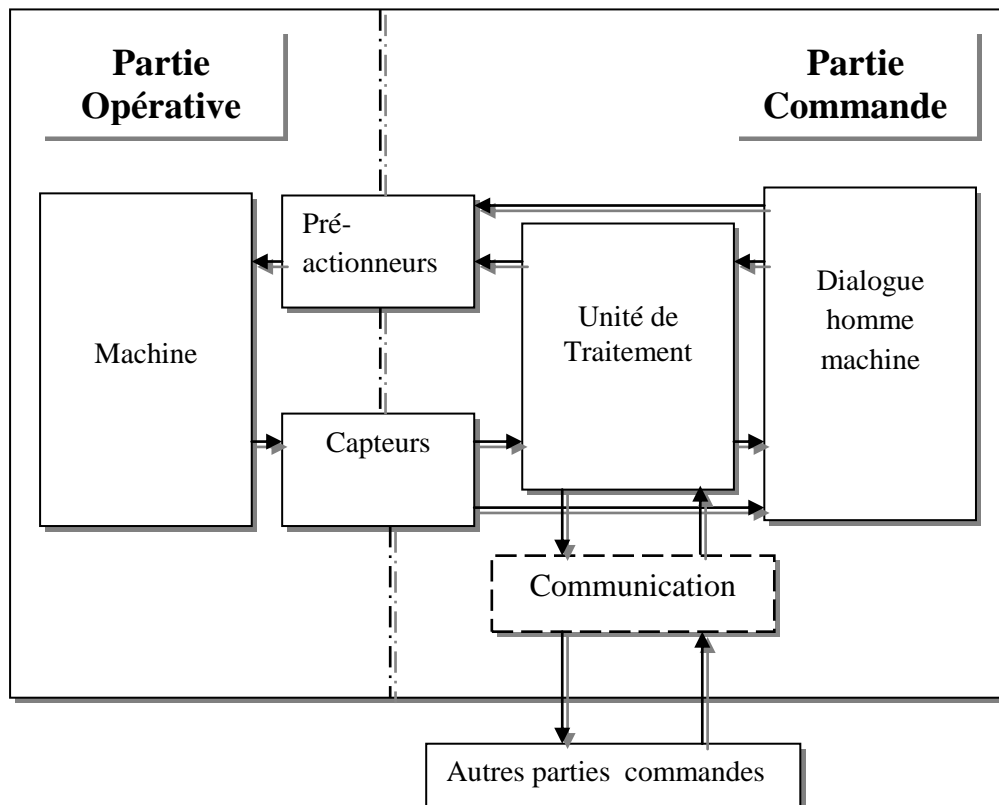


Figure IV.1 : Structure d'un système automatisé.

III-Généralités sur le GRAFCET :

III.1-Définition :

Le GRAFCET (GRAphe Fonctionnel de Commande Etape-Transition) est un langage graphique sert à décrire, étudier, réaliser et exploiter les automatismes. Il est composé d'un ensemble d'étapes et de transitions représentant le déroulement de cycle de l'automatisme. Cette représentation graphique permet une meilleure compréhension de l'automatisme par tous les intervenants. Un GRAFCET est établi pour chaque machine lors de sa conception, puis utilisé tout au long de son fonctionnement : réalisation, mise en point, maintenance, modification, réglage.

III.2-Elément de base de GRAFCET :

Un GRAFCET est constitué par des étapes représente une situation stable qui sont relié par liaisons orientées de haut en bas, on précise pour chaque étape les actions à effectuer (caractéristiques de la situation du système). Pour activer une étape ou plusieurs étapes, une transition doit être franchie. La réceptivité associée à cette transition est une fonction logique.

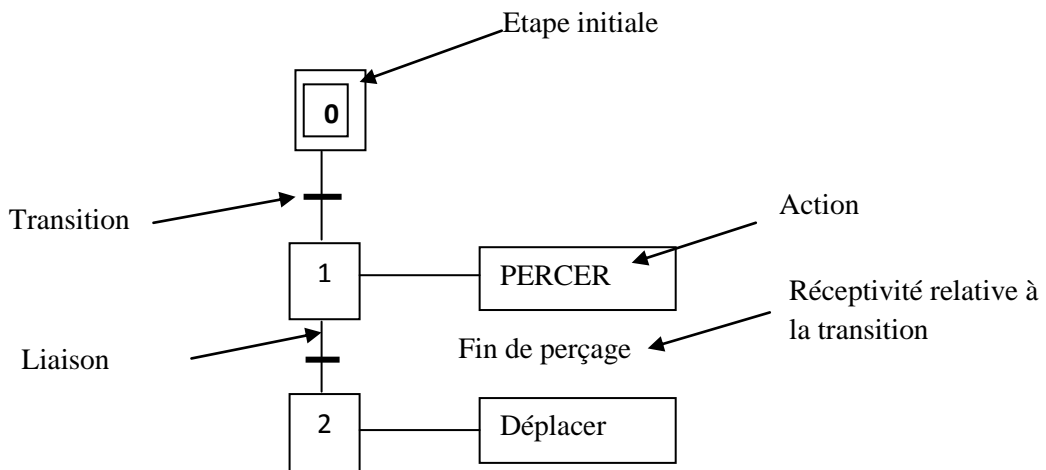


Figure IV.2 : Elément duGRAFCET.

III.2.1-Etape :

Une étape correspond, à une phase de l'automatisme durant laquelle on effectue une action, l'action doit être stable, (les organes de commande et les capteurs ne changent pas d'état). On représente l'étape par un carré et porte son propre numéro, et se représente par un double carré en début de cycle « étape initiale », lorsque une étape est active, on peut le préciser par un point.

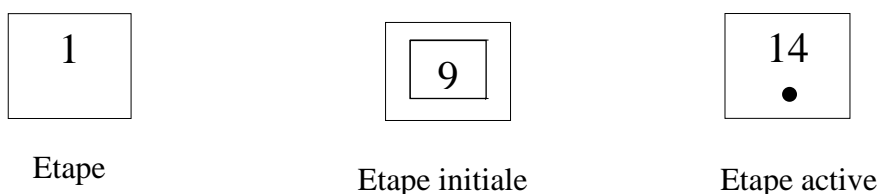


Figure IV.3 : Symbolisation des étapes.

III.2.2-Action associées à l'étape :

On précise pour chaque étape à l'intérieur d'un rectangle, les actions à effectuer lorsque l'étape est active, ces actions sont décrites littéralement ou symboliquement. Le rectangle peut comporter plusieurs actions qui peuvent être de nature diverses.

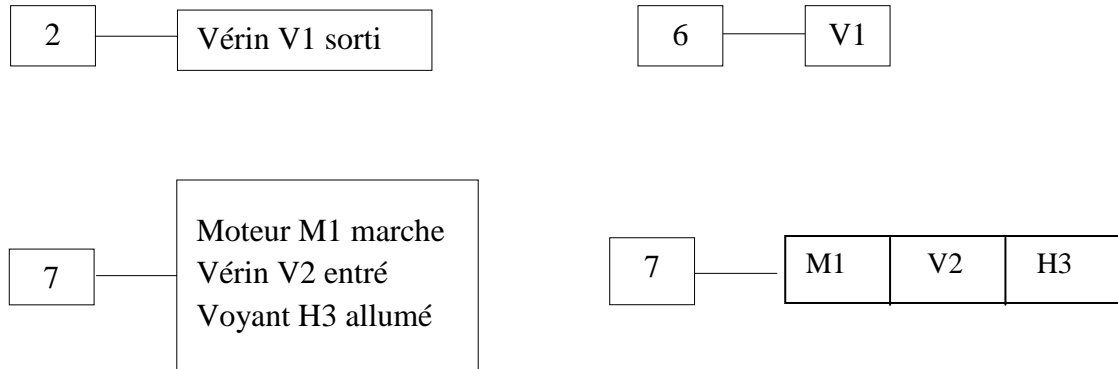


Figure IV.4: Actions associées à une étape.

Remarque :

L'activation d'une étape conduit à l'exécution immédiate de toutes les actions qui lui sont associées. Par contre, la désactivation de l'étape ne signifie absolument pas que les actions qui lui sont associées doivent cesser. En effet, l'arrêt de ces actions peut être associé une autre étape du GRAFCET.

III.2.3-Transition :

Une transition est une condition de passage d'une étape à une autre. Elle doit être logique, elle est définie par une réceptivité

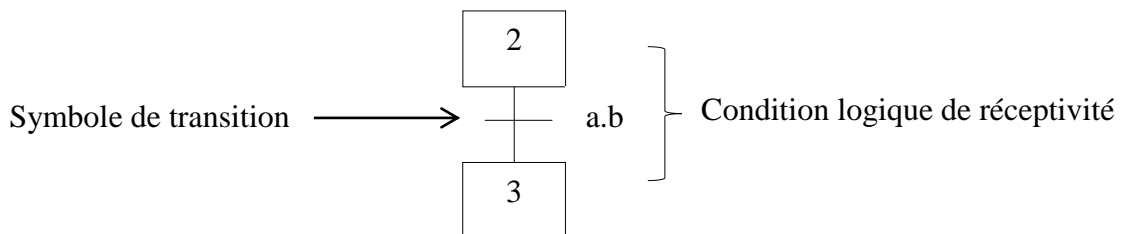


Figure IV.5 : Symbole d'une transition.

III.2.4-Réceptivités :

Une proposition logique, appelée réceptivité, peut être vraie ou fausse est associée à chaque transition.

1-Réceptivité dépendante du temps :

La notion est de la forme « t1/variable/t2 ». Dans l'exemple ci-dessous, la réceptivité n'est vraie que 3 s après que « a » passe de l'état 0 à l'état 1, elle ne redevient fausse que 7 s après que « a » passe de l'état 1 à l'état 0.

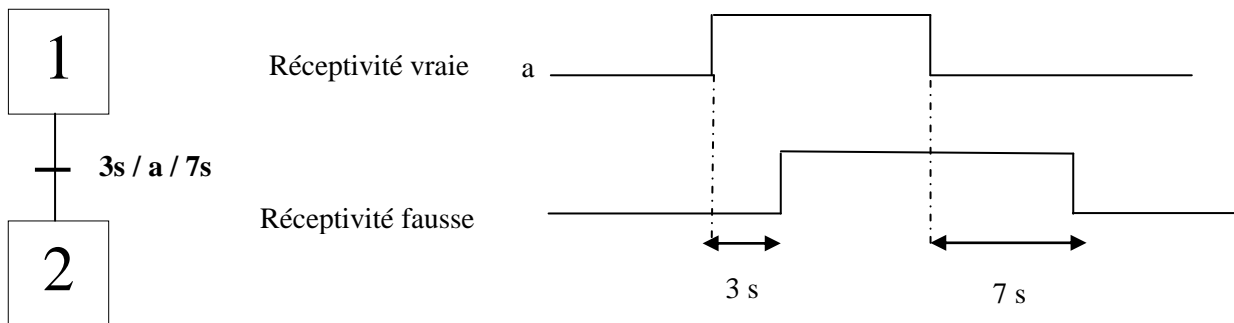


Figure IV.6 : Réceptivité dépendante de temps.

2-Réceptivité = 1 :

On utilise cette réceptivité généralement après une étape d'attente (13), pour passer à l'étape suivante (14) sans condition (réceptivité toujours vraie).

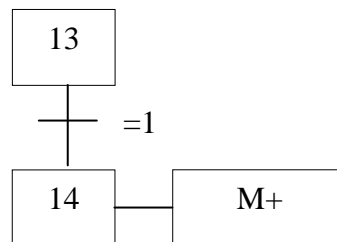


Figure IV.7 : Exemple d'une réceptivité=1.

III.2.5-Liaison orientées :

Reliant les étapes aux transitions et les transitions aux étapes, elles indiquent le sens d'évolution du GRAFCET. Celui-ci s'effectue toujours de haut vers le bas, c'est pourquoi les liaisons qui se font de haut vers le bas ne comportent pas de flèches. Par contre, dans les autres cas, il faut utiliser les flèches.

III.3-Règles d'évolution d'un GRAFCET :

1-Situation initiale : la situation initiale est la situation à l'instant initial, elle est donc décrite par l'ensemble des étapes actives à cet instant.

2-Franchissement d'une transition : une transition est validée lorsque toutes les étapes, immédiatement précédentes reliées à cette transition, sont actives. Le franchissement d'une transition se produit :

- Lorsque la transition est validée.
- Et que la réceptivité associée à cette transition est vraie.

3-Evolution des étapes actives : le franchissement d'une transition provoque simultanément :

- L'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes.
- La désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.

4-Evolution simultanées : plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

5-Activation et désactivation simultanée d'une même étape: si au cours d'une évolution, une même étape se trouve à la fois activée et désactivée, elle reste active.

III.4-Les structures de base : Un cycle d'un automatisme peut être linéaire, ou ramifié, le cycle linéaire est composée d'une suite d'étapes qui peuvent être actives les unes après les autres, les cycles ramifiés comportent plusieurs séquences.

III.4.1-Sélection de séquence [6] : Une sélection de séquence est un choix d'évolution entre plusieurs séquences à partir d'une ou plusieurs étapes. Elle se représente graphiquement par autant de transitions validées en même temps qu'il peut y avoir d'évolution possibles. L'exclusion entre les séquences n'est pas structurelle, on distingue :

- **Séquences exclusives (aiguillage en OU):** Pour obtenir une sélection exclusive, entre plusieurs évolution possibles à partir d'une même étape, il est nécessaire de s'assurer que toutes les réceptivités associées aux transitions sont exclusives, c'est-à-dire qu'elles ne peuvent pas être vraies simultanément.

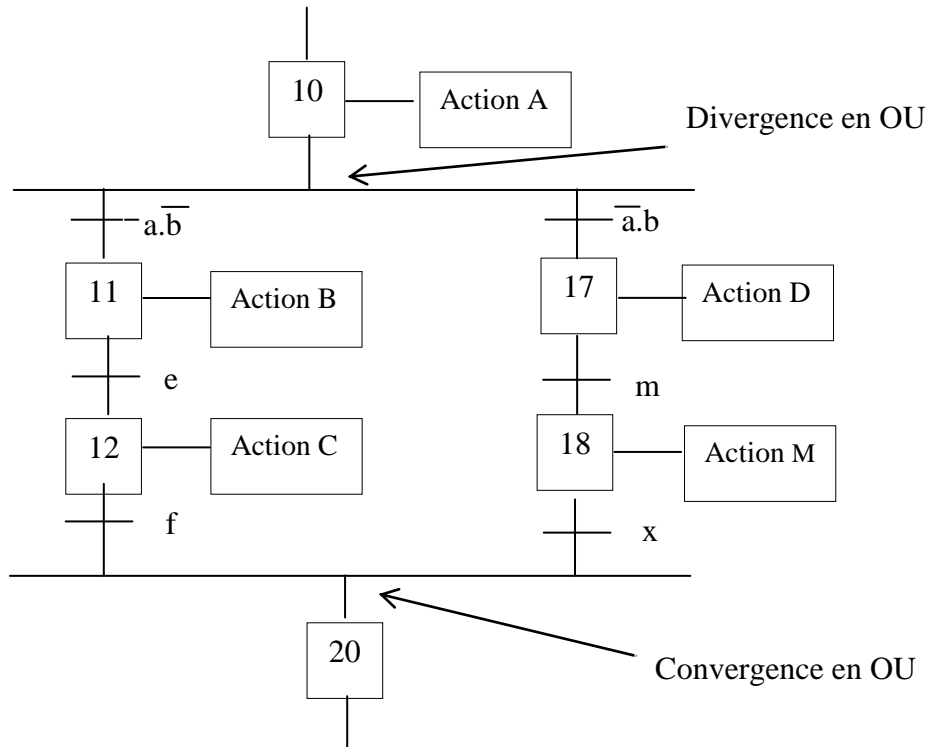


Figure IV.8: Séquence exclusive.

- **Saut d'étape :**

Le saut d'étapes permet de sauter une ou plusieurs étapes lorsque les actions associées à ces étapes deviennent inutiles.

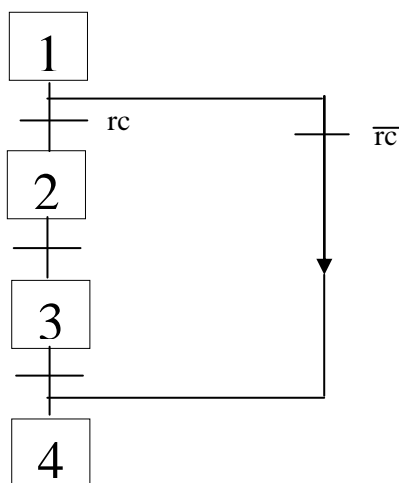


Figure IV.9 : Saut d'étape.

- **Reprise de séquence :**

La reprise de séquence au contraire permet de recommencer plusieurs fois si nécessaire une même séquence. La reprise de séquence doit comporter au moins trois étapes, puisque l'activation d'une étape nécessite la désactivation de l'étape précédente et la validation de l'étape suivante. Le sens des flèches et la position des transitions sur les liaisons sont très importants.

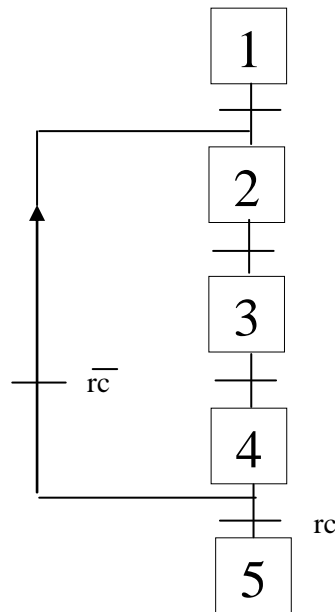


Figure IV.10: Reprise d'étape.

III.4.2-Séquences simultanées (aiguillage en ET) :

Si le franchissement d'une transition conduit à activer plusieurs étapes en même temps, ces étapes déclencheront des séquences dont les évolutions seront à la fois simultanées et indépendantes, et finiront en même temps. Pour cela, il faut des étapes sans actions permettant de synchroniser la fin de différents cycles. Dans la figure suivante le franchissement de (m) entraîne l'activation simultanée des étapes 2 et 3.

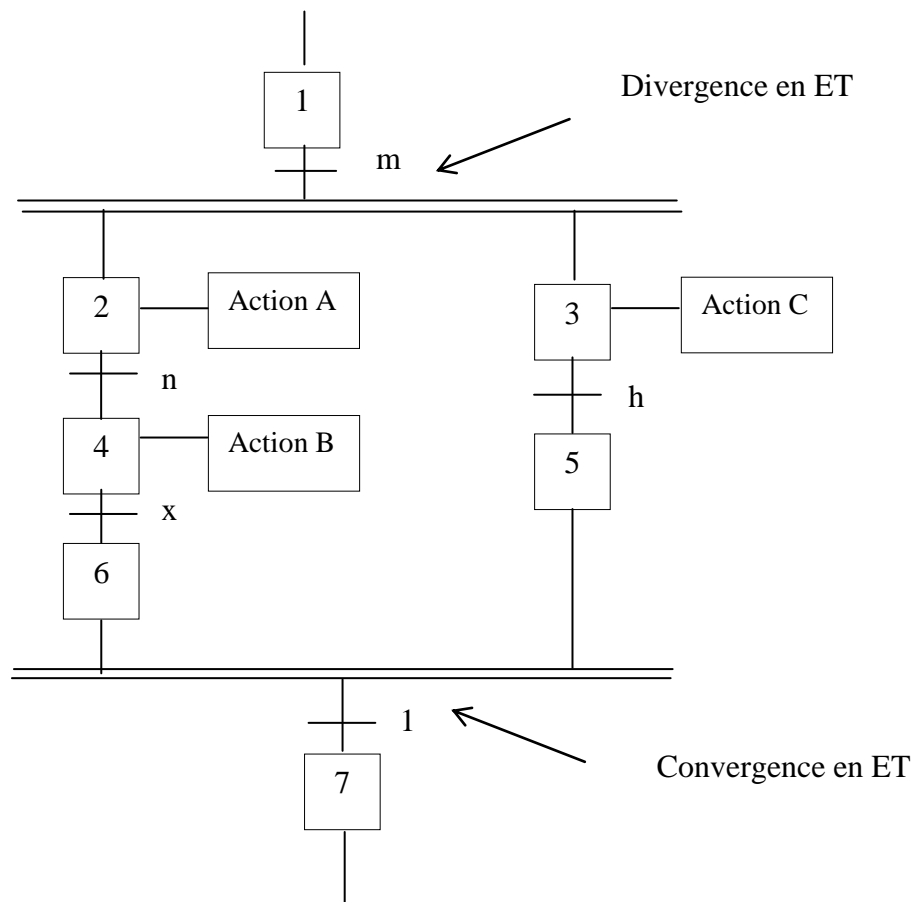


Figure IV.11: Séquence simultanée.

III.5-Mise en équation d'un GRAFCET [5] :

Dans un GRAFCET, chaque étape porte son propre numéro. Lorsqu'on désigne une étape, on fait précéder ce numéro de la lettre X majuscule. La figure suivante montre un exemple de GRAFCET.

- L'état d'une étape X_n peut être noté comme suite :

$X_n=1$ si l'étape n est active

$X_n=0$ si l'étape n est inactive

- Ainsi, une réceptivité est notée t_n , telle que :

$t_n=1$ si la réceptivité est vraie.

$t_n=0$ si la réceptivité est fausse.

- Condition d'activation d'une étape (CAX_n) :

$$CAX_n = X_{n-1} * t_{n-1}$$

- Condition désactivation d'une étape (CDX_n) :

$$CDX_n = X_{n+1}$$

- L'action associée à une étape (A) :

$$A : X_n$$

- L'équation logique d'une étape :

$$X_n = CAX_n + X_n \cdot \overline{CDX_n}$$

L'étape est activée, par l'information « étape précédente active » et « condition de transition précédente ». Elle est désactivée, par l'information « étape suivante active » ou l'information extérieure « remise à zéro générale ».

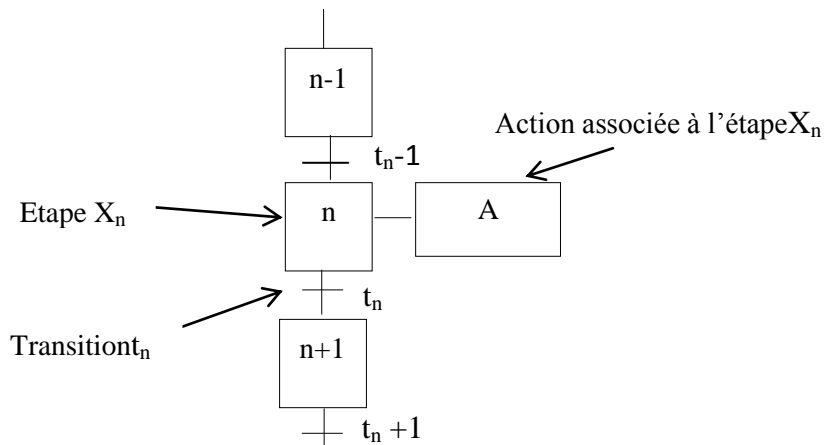


Figure IV.12: Exemple de GRAFCET.

III.6-Niveaux d'un GRAFCET :

En GRAFCET il existe deux niveaux :

III.6.1-GRAFCET niveau 1[4] :

Il décrit le comportement de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative, c'est le rôle des spécifications fonctionnelles permettant au concepteur de comprendre ce que l'automatisme doit faire face aux différentes situations pouvant se présenter. A ce niveau, on décrit uniquement, les actions à effectuer et leur enchaînement, on ne définit ni les actionneurs, ni les capteurs à utiliser pour leurs mise en œuvre.

III.6.2-GRAFCET niveau 2 :

Il décrit le fonctionnement réel de l'automatisme, de plus il tient compte des actionneurs et les capteurs réels. Les actions et les réceptivités sont données par les équations logiques sur les signaux réels.

IV-Modélisation de la station de dessalement

Nous avons divisé notre modélisation en trois phases :

IV.1-Préparatifs à effectuer avant la mise en service de l'unité :

Pour assurer le bon fonctionnement d'une des quatre unités de dessalement, plusieurs contrôles sont effectués avant la mise en service. Ces contrôles sont les suivants :

1-Contrôle de l'état du circuit d'alimentation en eau de mer.

2-Contrôle des niveaux d'huile dans toutes les pompes.

3-Préparation de circuit de gaz en ouvrant :

- La vanne générale manuelle se trouvant sur le collecteur principale d'arrivée
- La vanne manuelle de gaz de l'alimentation de l'unité

4-contrôle des niveaux dans les réservoirs des additifs chimiques et l'ouverture des vannes manuelles suivantes :

A l'aspiration	WP11S001 WP12S001 WP13S001
Au refoulement	WP12S003 WP13S003

5-Contrôle de remplissage de circuit d'eau de chauffage jusqu'à la disparition de l'alarme provoquée par le détecteur des niveaux WH16L001.

6-Contrôle de l'alarme de défaut 24V. Si elle est affichée, détecter la panne.

7-Contrôle des disjoncteurs 380/220V s'ils sont embrochés.

8-Contrôle de l'affichage de l'alarme prêt au départ, cette alarme permet d'avoir une idée sur la situation de l'unité.

IV.2-Mise en service de l'unité :

La mise en service de l'unité de dessalement s'effectue en suivant certaines étapes qui sont :

1-Mettre en position manuelle les clapets suivants :

- WE14S002 : clapet de réglage de débit d'eau de mer, Il permet d'avoir le contrôle de débit d'eau de mer dans le circuit d'alimentation.
- WR12S004 : clapet de réglage du débit de recirculation de saumure.
- WR15S001 : clapet de réglage de recirculation de saumure chaude.

Ces deux derniers clapets permettent de garder une certaine pression dans le circuit de recirculation de saumure et d'augmenter la température de la saumure une fois la chaudière en service.

2-Mettre en position automatique les clapets suivants :

- WE19S001 : pour le réglage du débit d'eau d'alimentation entrée dans l'étage 18 de l'évaporateur.
- WL11D001 : clapet de réglage de brûleur, il permet un contrôle de la température d'eau chaude dès l'allumage du brûleur.
- WJ12S004 : pour avoir le réglage de niveau de distillat.
- WF12S003 : pour avoir le réglage de niveau de saumure dans le puits.

3-Mettre le point de consigne de réglage d'eau d'alimentation à 30% avant la mise en service de la pompe d'eau de mer.

4-Mettre en marche la pompe d'eau de mer WE11D001, et contrôler l'ouverture automatique de son clapet de refoulement WE11S003 qui doit s'ouvrir progressivement (attendre l'ouverture complète avant de passer à une autre opération).

5-Mettre en marche la pompe motrice WS11D001 pour commencer l'opération de mise sous-vide.

6-Contrôler si l'intensité de la pompe d'alimentation d'eau de mer est de 75A, ouvrir le clapet WE14S002 pour augmenter l'intensité et fermer pour diminuer l'intensité.

7-Contrôler l'établissement de niveau de saumure et qui doit être environ de + 300mm.

8-Une fois que le niveau de saumure s'est stabilisé à 300mm, démarrer la pompe de rejet de saumure WF11D001.

9-Démarrer la pompe de recirculation de saumure WR11D001 et ouvrir son clapet de refoulement.

10-Ouvrir simultanément les clapets WR15S001 et WR12S004 et augmenter progressivement le débit de recirculation de saumure.

11-Attendre que le vide se stabilise à environ 0.8 bars et que la signalisation « vide-bas » donnée par le pressostat WG11P002 doive disparaître.

12-Contrôler si la pompe doseuse de BELGARD et BELITE WP12D001 s'est mise automatiquement en marche. La pompe doseuse se met en marche automatiquement dès la mise en service de la pompe de recirculation de saumure.

13-Mettre en marche la pompe de recirculation d'eau chaude WH11D001.

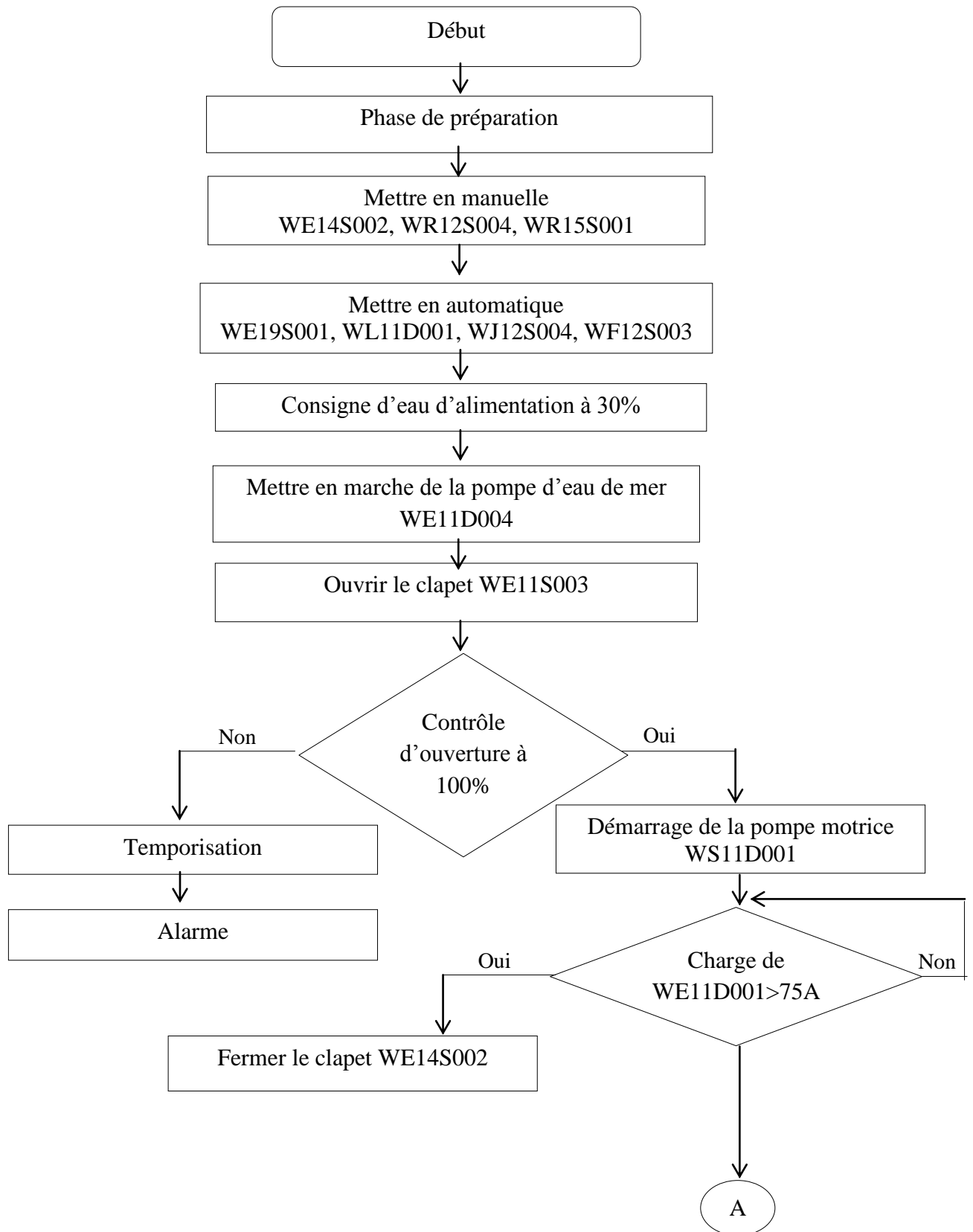
14-Mettre en service le brûleur WH11D001 et attendre que la température d'eau chaude augmente, la température de la saumure doit augmenter progressivement. Contrôler si le point de consigne de réglage de température d'eau chaude se trouve à 50% (la température finale de l'eau chaude sera d'environ 94°C).

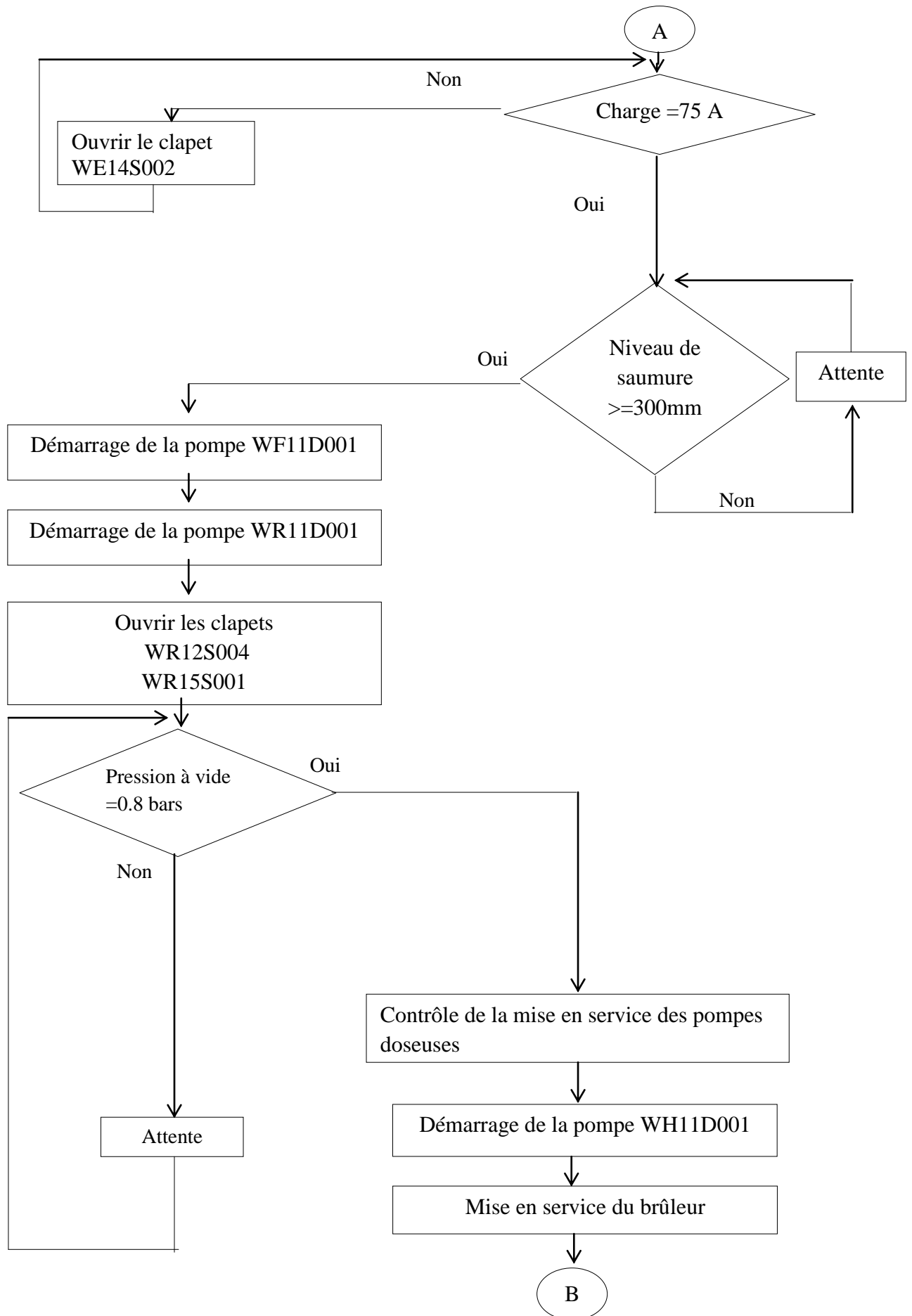
15-dès que la température de l'eau chaude atteint les 65°C environ, ouvrir simultanément et lentement les clapets WR12S004 et WR15S001 de façon à augmenter le débit de recirculation de saumure sans provoquer les variations de température importantes. Le tableau suivant donne certaines variations de débit en fonction de la température.

T ⁰ eau chaude	Débit de recirculation de saumure
65 °C	75 t/h
70 °C	110 t/h
75 °C	130 t/h
80 °C	180 t/h
86 °C	230 t/h

Tableau IV.1: Variations de la température en fonction du débit.

16-Attendre que la conductivité s'améliore et se stabilise à environ 30µ siemens et que l'alarme haute conductivité donnée par le conductimètre WJ12A001 disparaisse. Effectuer la commutation du clapet de rejet de distillat WJ12S005 en provoquant sa fermeture, L'asservissement mécanique ouvre WJ13S001 pour acheminer le distillat vers les bâches de stockage d'eau dessalée 2700M³. L'alarme « unité complètement en service apparaît ».





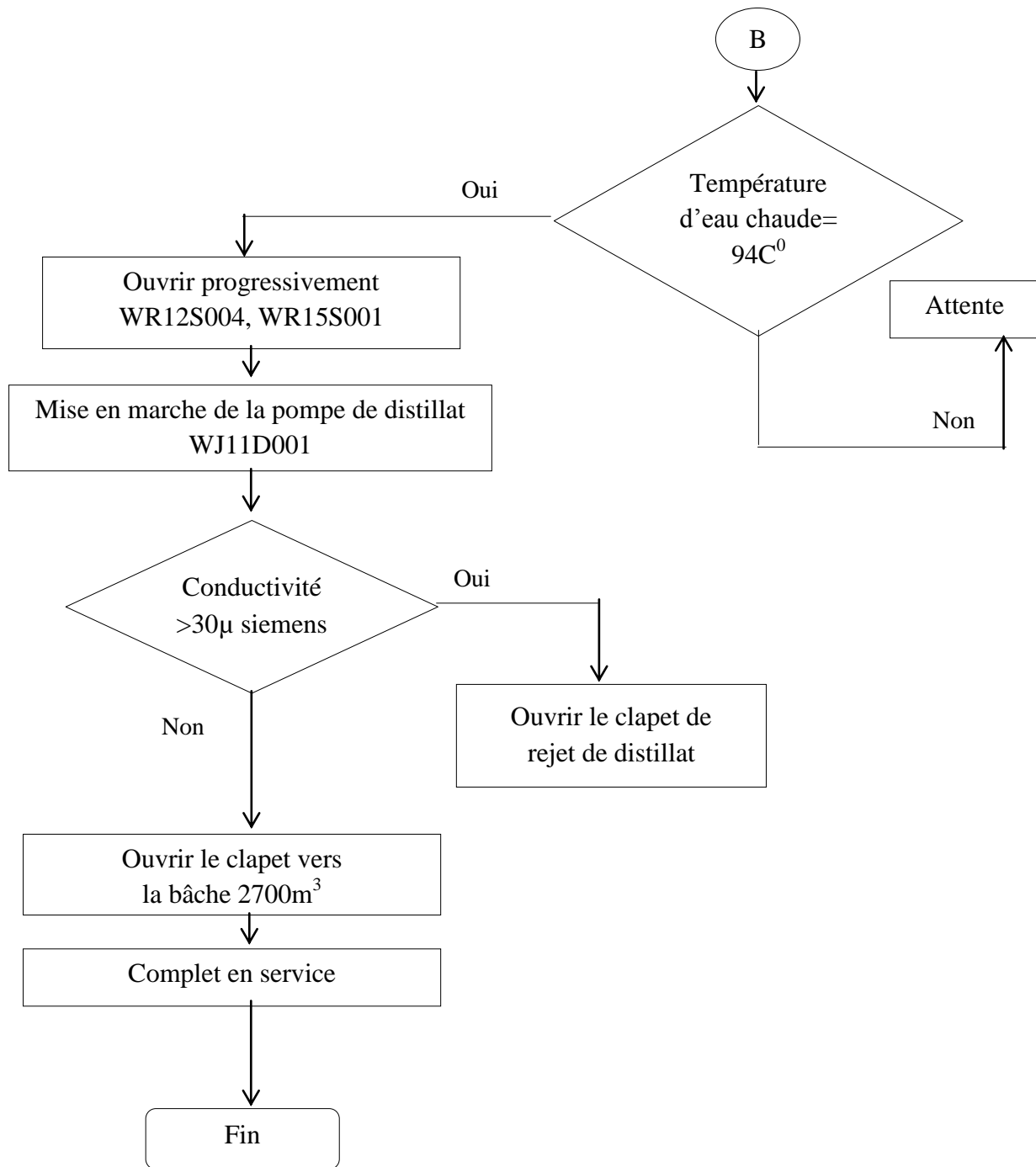


Figure IV.13 : Organigramme de mise en service de l'unité de dessalement.

IV.3-Arrêt de l'unité de dessalement :

L'arrêt de l'unité de dessalement s'effectue d'une façon semi-automatique.

- **Opération à effectuer en manuelle :**

1-Mettre en manuelle la régulation de température d'eau chaude et fermer le clapet de réglage gaz. WL11D001.

2-Eteindre le brûleur WL11D001.

3-Le débit de recirculation de saumure commence à diminuer par la fermeture automatique du clapet WR15S001.

4-Réduire manuellement le débit d'alimentation d'eau de mer pour maintenir le niveau de saumure en fermant progressivement le clapet WE19S001 jusqu'à 30% environ.

- **Opération à effectuer en automatique :**

1-La pompe de recirculation de saumure s'arrête automatiquement par la fermeture complète du clapet WR15S001.

2-La pompe doseuse de BELGARD et BELITES s'arrête automatiquement avec l'arrêt de la pompe de recirculation de saumure.

3-La pompe de recirculation d'eau chaude s'arrête automatiquement avec l'arrêt de la pompe de recirculation de saumure.

4-La pompe d'alimentation d'eau de mer WE11D001 s'arrête après la fermeture complète de son clapet de refoulement.

5-La pompe d'eau motrice, ainsi que les pompes de distillat et de rejet de saumure, s'arrêtent automatiquement.

6-L'alarme « prêt de départ » apparaît.

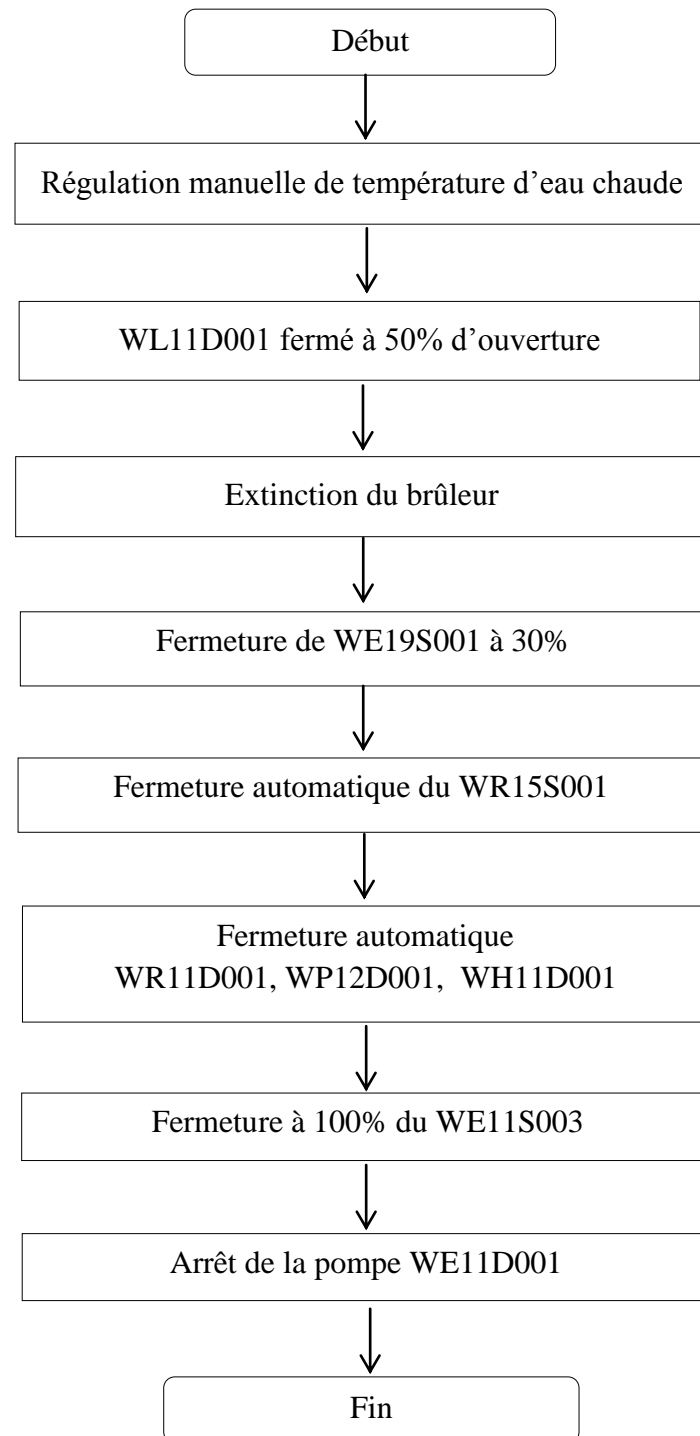


Figure IV.14 : Organigramme d'arrêt de l'unité de dessalement.

V-Abréviations utilisés dans notre modèle :

- Les actions :

Actions	Significations
Ctrl cir eau	Contrôler le circuit d'eau de mer
Ctrl niv hui	Contrôler le niveau d'huile dans les pompes
Ctrl cir gaz	Contrôler le circuit à gaz
O WP12S001	Ouvrir le clapet WP12S001
O WP11S001	Ouvrir le clapet WP11S001
O WP15S001	Ouvrir le clapet WP15S001
O WP15S004	Ouvrir le clapet WP15S004
O WP12S003	Ouvrir le clapet WP12S003
Ctrl AL 24v	Contrôler l'alarme 24v
Ctrl disjon	Contrôler les disjoncteurs
F/G2 :(8)	Forçage de l'étape 8
D WE11D001	démarrer la pompe d'eau de mer WE11D001
LP1	Allumer la lampe LP1
O WE11S003	Ouvrir le clapet WE11S003
TEM	Temporisation
O WE11S005	Ouvrir le clapet de désaéragé WE11S005
O WE11S006	Ouvrir le clapet de désaéragé WE11S006
A WE11D001	Arrêter la pompe d'eau de mer WE11D001
D filt E mer WE12B001	démarrer le filtre d'eau de mer WE12B001
D WS11D001	démarrer la pompe d'eau motrice WS11D001
LP2	Allumer la Lampe LP2
A WS11D001	Arrêter la pompe d'eau motrice WS11D001
O WY13S018	Ouvrir le clapet de désaéragé WY13S018
O WY13S017	Ouvrir le clapet de désaéragé WY13S017
O WY13S016	Ouvrir le clapet de désaéragé WY13S016
O WS15S002	Ouvrir le clapet WS15S002
Mesch WE11D001	Mesurer la charge de WE11D001
D WS12D001	Démarrer la pompe WS12D001

LP3	Allumer la lampe LP3
O WE14S002	ouvrir le clapet de rejet WE14S002
F WE14S002	Fermer le clapet de rejet WE14S002
Fx cs=30m ³ /h	Fixer la consigne de débit d'eau d'alimentation a 30m ³ /h dans le régulateur WE19C001
O WE19S001	Ouvrir le clapet WE19S001
D WP15D001	démarrer la pompe de dosage WP15D001
LP4	Allumer la lampe LP4
Fx csnivsau =300mm WG11C018	Fixer une consigne de niveau de saumure à 300mm dans le régulateur WG11C018
D WF11D001	démarrer la pompe de rejet de saumure WF11D001
LP5	Allumer la lampe LP5
O WF12S002	Ouvrir le clapet de rejet de saumure WF12S002
AWF11D001	Arrêter la pompe de rejet de saumure WF11D001
D WR11D001	démarrer la pompe de recirculation de saumure WR11D001
LP6	Allumer la lampe LP6
O WR12S004	Ouvrir le clapet de recirculation de saumure WR12S004
A WR11D001	Arrêter la pompe de recirculation de saumure WR11D001
D WP12D001	démarrer la pompe de dosage BELGARD EVN BELITE
LP7	Allumer la lampe
O WY15S015-S001	Ouvrir le clapet de désaéragé WY15S015/S001
O WC11S001/2S001	Ouvrir le clapet de désaéragé WC11S001/2S001
O WR13S001/4S001	Ouvrir le clapet de désaéragé

	WR13S001/4S001
Mes P vide	Mesurer la pression des vides dans les chambres
D WH11D001	Démarrer la pompe de recirculation d'eau chaude WH11D001
LP8	Allumer la lampe 8
Alm WL11D001	Allumer le brûleur WL11D001
Mes Te ch	Mesurer la température d'eau chaude à la sortie du réchauffeur final
O WR15S001	Ouvrir le clapet passage d'eau à l'étage 1 WR15S001
Mes nivdist	Mesurer le niveau de distillat
D WJ11D001	Démarrer la pompe de distillat WJ11D001
LP9	Allumer la lampe LP9
O WJ11S001	Ouvrir le clapet WJ11S001
Mes cond	Mesurer la conductivité
O WJ12S005	Ouvrir le clapet de rejet de distillat WJ12S005
O WJ13S001	Ouvrir le clapet de stockage de distillat WJ13S001
A WL11D001	Arrêter le brûleur WL11D001
Fx cs = 300mm de WR12C001	Fixer une consigne de niveau de saumure dans l'étage 1
Mes Te Rec	Mesurer la température d'eau de recirculation
F WR15S001	Fermer le clapet WR15S001
A WJ11D001	Arrêter la pompe de distillat WJ11D001
F WJ11S001	Fermer le clapet WJ11S001
F WR15S001	Fermer le clapet WR15S001
A WP12D001	Arrêter la pompe de dosage WP12D001
A WR11D001	Arrêter la pompe de recirculation de saumure WR11D001
F WR12S004	Fermer le clapet WR12S004

A WF11D001	Arrêter la pompe de rejet de saumure WF11D001
F WF12S003	Fermer le clapet de rejet de saumure WF12S003
F WF19S001	Fermer le clapet WF19S001
A WS11D001	Arrêter la pompe d'eau motrice WS11D001
F WE15S002	Fermer le clapet WE15S002
A WE11D001	Arrêter la pompe d'eau de mer WE11D001
F WE11S003	Fermer le clapet WE11S003
F WE14S002	Fermer le clapet de rejet WE14S002
A WH11D001	Arrêter la pompe de recirculation d'eau chaude WH11D001
Met int Ar	Mettre l'interrupteur MCC en position arrêt
Test tt spe	Tester la fermeture de toutes les soupapes

TableauIV.2 : Les actions.

- **Les réceptivités :**

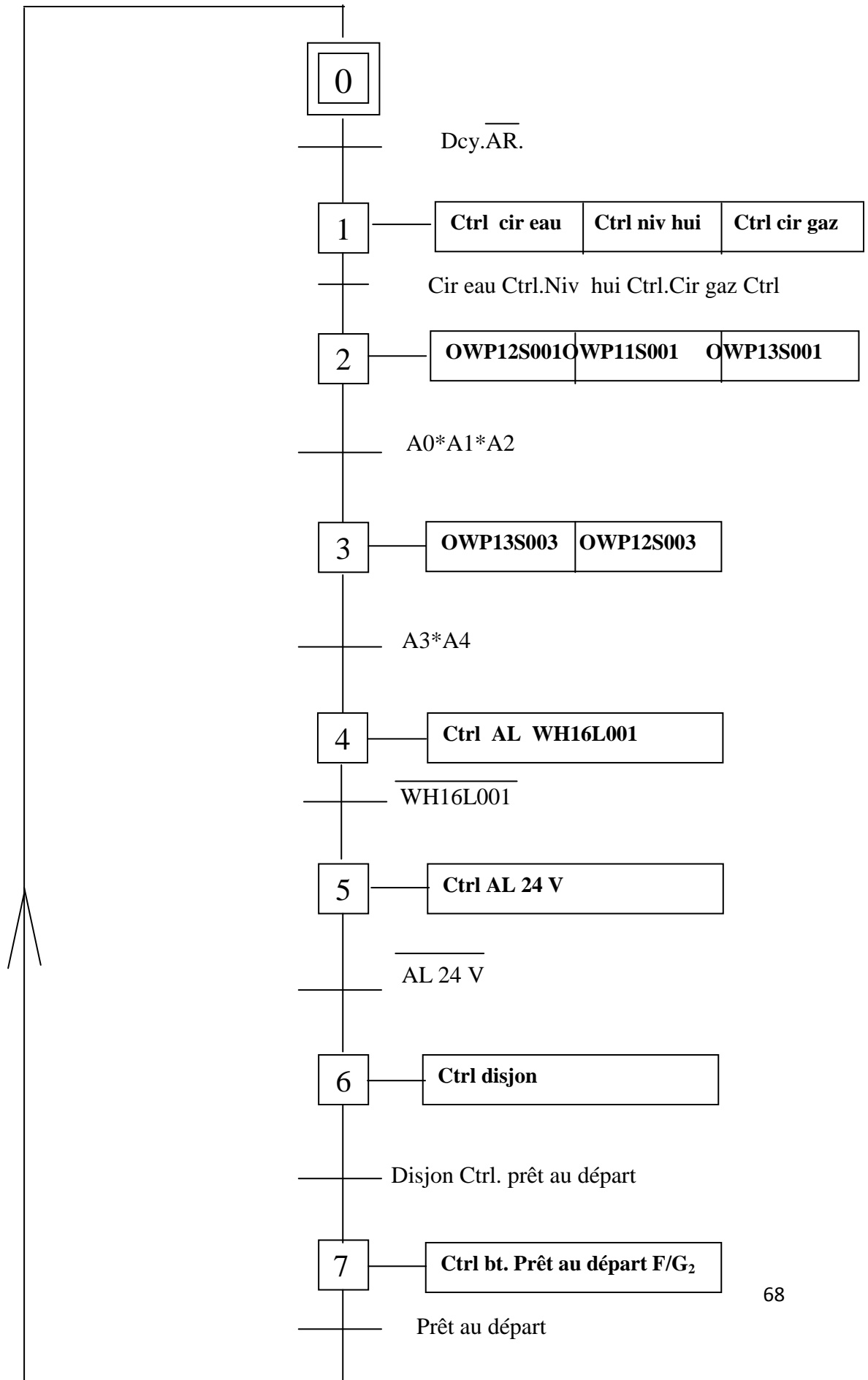
Réceptivités	Significations
Dcy	Déclenchement de cycle
AR	Arrêt d'urgence
Cir eau Ctrl	Circuit d'eau de mer contrôlé.
Niv hui Ctrl	Niveau huile contrôlé
Ai	Fin de course de chaque clapet respectif (clapet complètement ouvert).
Kj	Contacte à ouverture indiquant le régime « marche » de chaque pompe respective
— Ai	Fin de course de chaque clapet respectif (clapet complètement fermé)
— Ki	Contacte à ouverture indiquant le régime « arrêt » de chaque pompe respective.
Cir gaz Ctrl	Circuit de gaz contrôlé

WH16L001	Absence de l'alarme de niveau.
AL24v	Absence de l'alarme 24v défaut
Disj Ctrl	Disjoncteurs contrôlés
Prêt au départ	Bouton poussoir prêt au départ.
$C < 75 \text{ A}$	La charge de WE11D001 est inférieur à 75 A
$C = 75$	La charge de WE11D001 est égale à 75 A
$C > 75$	La charge de WE11D001 est supérieur à 75 A
WE19C001	Régulateur de débit
Ns	Niveau de saumure
Pv	Pression de vide
BrAlm	Brûleur allumé.
Tc	Température d'eau chaude à la sortie du réchauffeur final
Nd	Niveau de distillat
Cd	Conductivité de distillat
Cr	Conditions de redémarrage
Br Ar	Bruleur éteint
WR12C001	Régulateur de température
WG12C018	Régulateur de niveau
Te	Température d'eau de recirculation
MCC Ar	L'interrupteur principal MCC est en position « arrêt »
S pe Fr	Toutes les soupapes sont fermées
FC	Fin de courses des caplets (WY15S015 à WY15S001 + WC11S001/2S001+WR13S001/4S001)
T/ Xi /y s	Fin de temporisation
$Cs = 30 \text{ m}^3/\text{h}$	Consigne = 30 m ³ /h
Lim sup R3	Limite supérieure du régulateur 3

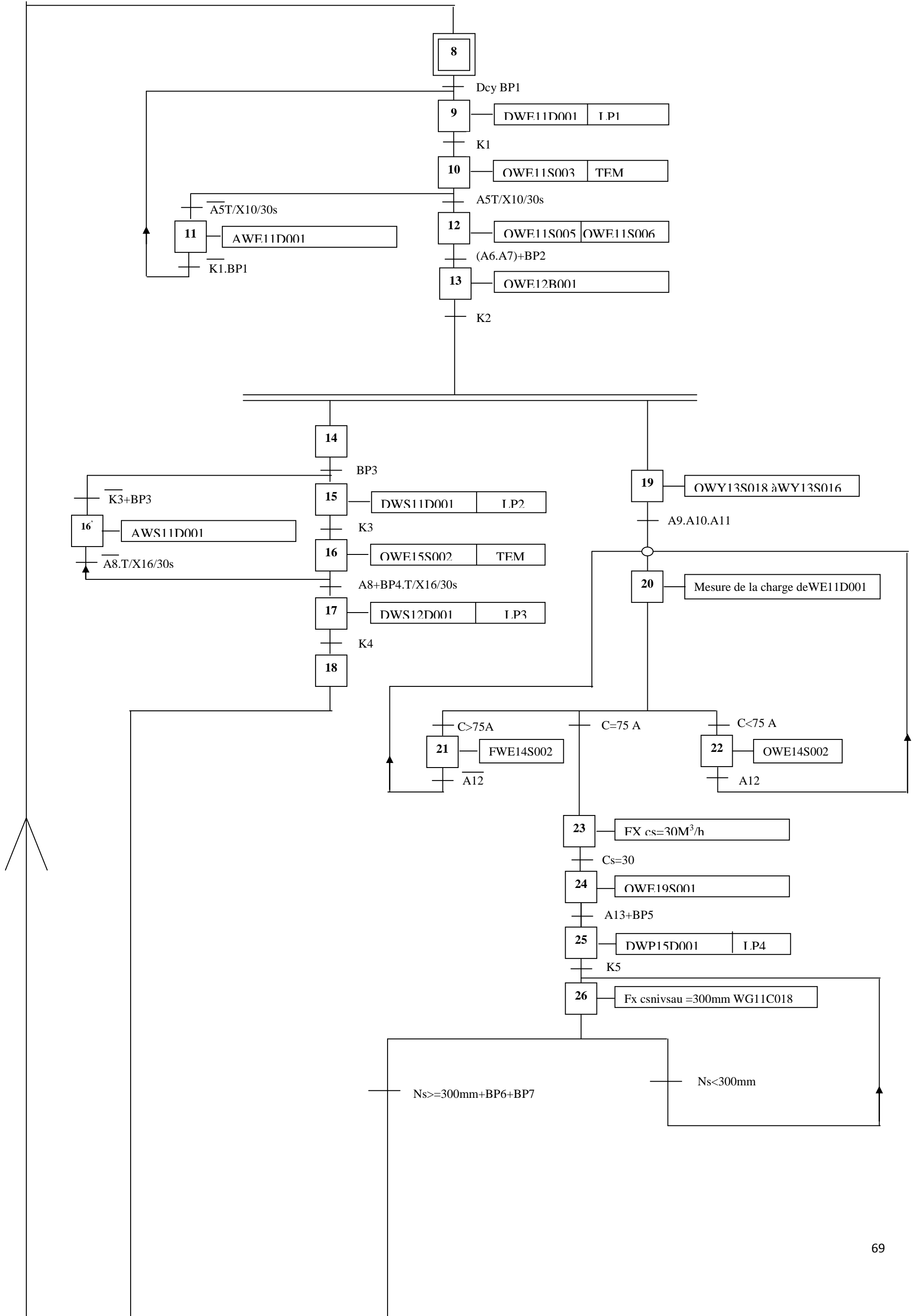
Tableau IV.3 : Les réceptivités.

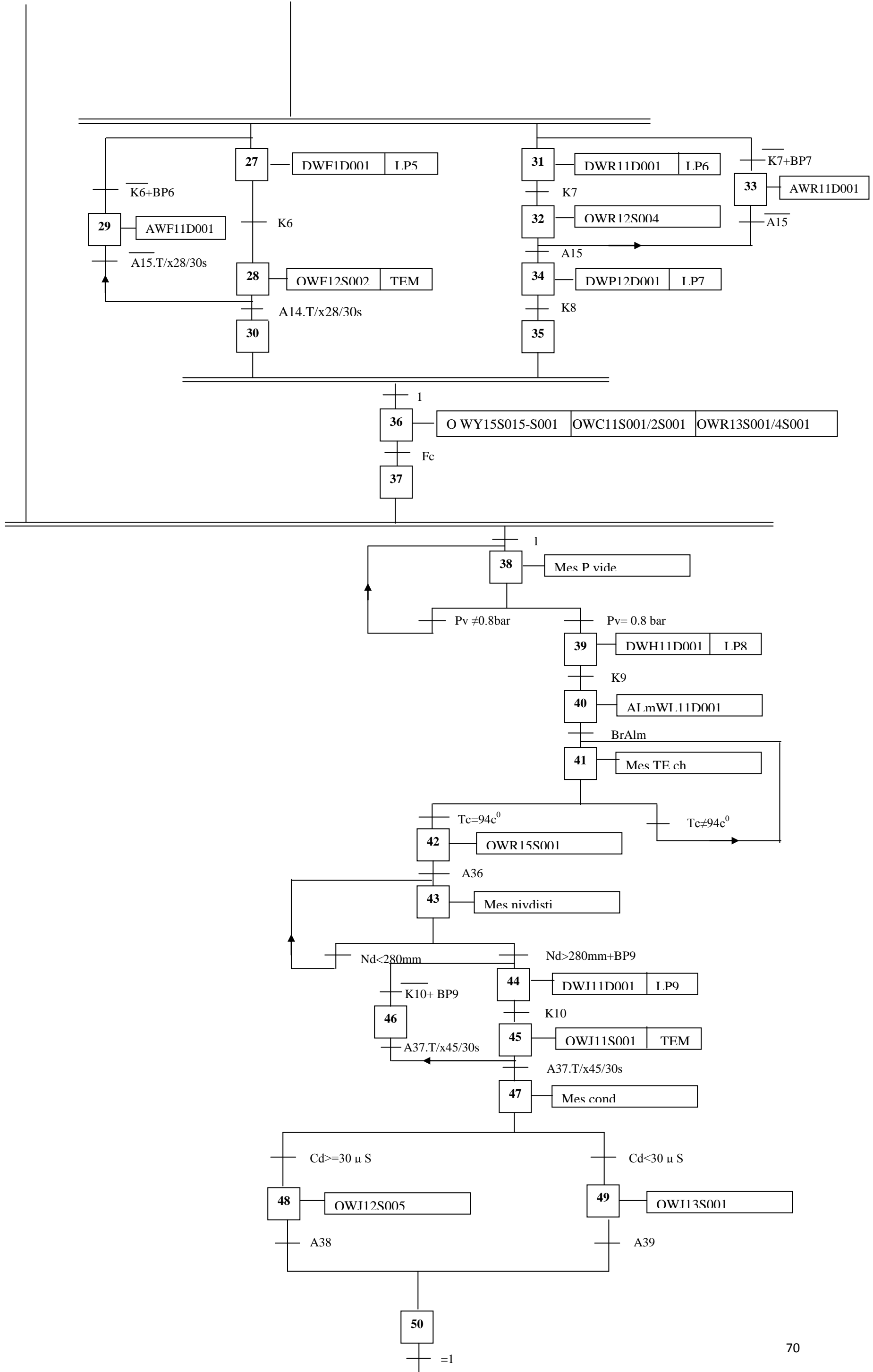
VI-GRAFCET niveau 2 :

1-condition initiales :

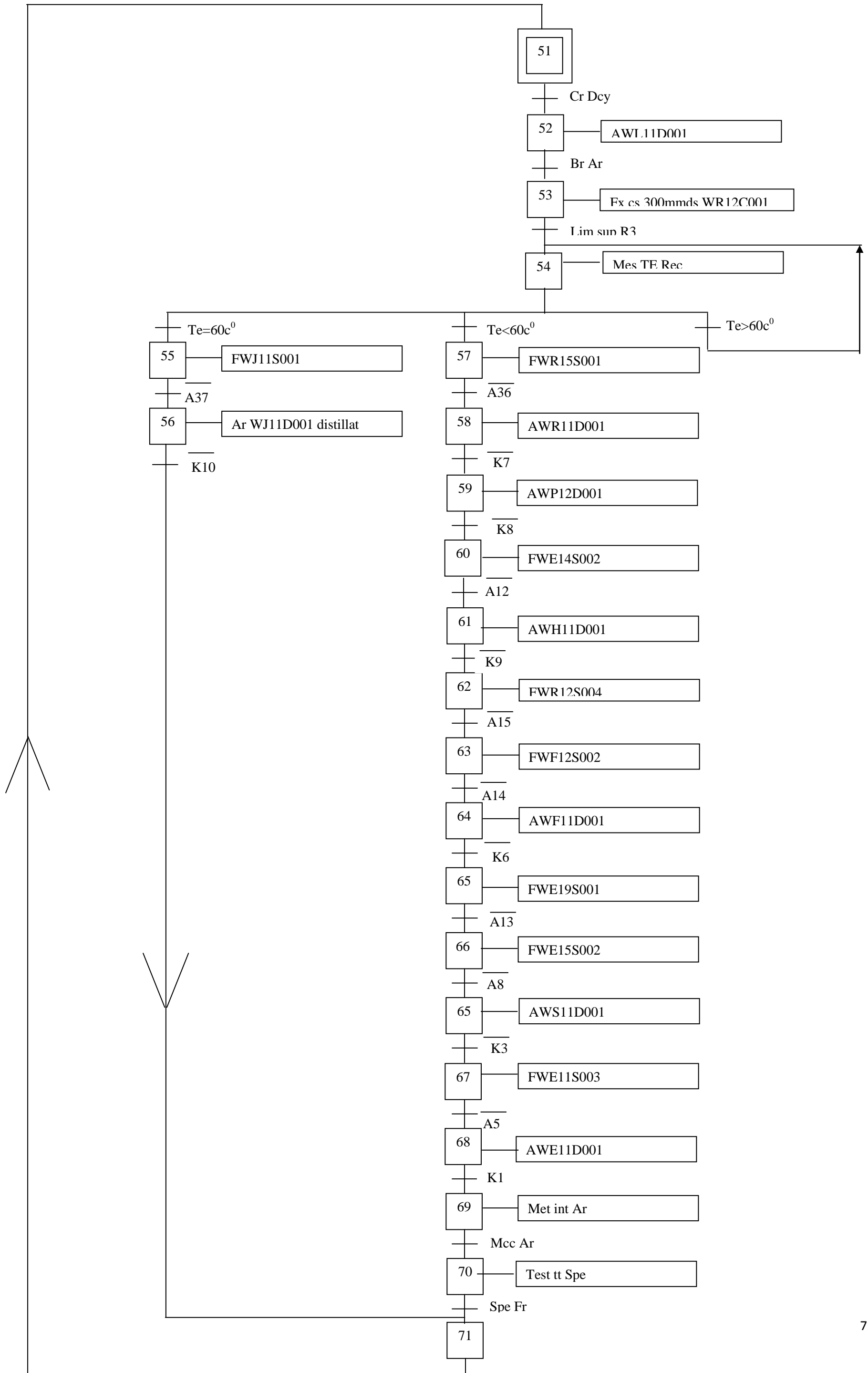


2-Mise en démarrage :





3-Mise à l'arrêt :



VII-Conclusion

Nous avons modélisé notre procédé de commande à l'aide du GRAFCET. Au terme de ce chapitre nous concluons que le grafcet est un outil de modélisation, qui permet facilement le passage d'un cahier des charges à un langage d'implantation. Cette représentation (GRAFCET), est fondée sur les notions d'étapes, de transitions et de réceptivités qui simplifient la synthèse d'un automatisme. Le GRAFCET permet de visualiser de façon particulièrement claire toutes les évolutions du système. Cette méthode de description descendante, particulièrement concise, rend la communication homme-machine très efficace, permettant entre autre, à l'opérateur de déceler et de remédier, le cas échéant, à une anomalie de fonctionnement.

Conclusion générale

L'étude que nous avons effectuée à la centrale thermique de CAP-DJINET nous a été bénéfique à plus d'un titre, parce qu'elle nous a permis de découvrir l'environnement industriel, et de concrétiser nos connaissances théoriques dans le domaine pratique, ainsi côtoyer la réalité industrielle.

Elle nous a permis d'acquérir les différents traitements utilisés pour le dessalement, et de mieux apprécier l'exploitation et la gestion des installations de traitement des eaux, et nous initier à une distillation à détente étagées (MSF).

On a constaté que l'eau finale est complètement déminéralisée, dégazée et conforme à une eau d'alimentation d'une chaudière à haute pression.

L'utilisation du grafcet comme outil de modélisation, méthode d'analyse et de synthèse fiable, robuste et simple nous a aidé à comprendre le fonctionnement de l'unité de dessalement, au terme de ce chapitre nous concluons que le grafcet est un puissant outil de modélisation, qui permet facilement le passage d'un cahier des charges à un langage d'implantation.

Nous espérons que ce travail puisse apporter un plus et servira de support supplémentaire aux promotions à venir.

Bibliographie

❖ Ouvrages et mémoires :

[1] Documentations internes de CAP-DJINET.

[2] SAOU RIADE, « Commande par automate programmable S5-110s de l'unité de dessalement de CAP-DJINET ». Université M'HAMEDBOUGARABOUMERDES 2009-20010

[3] AROUSSI NACERA et BRAHIM SONIA.

« Etude et suivi de fonctionnement de l'unité du dessalement dans la centrale thermique de CAP-DJINET ». Université M'HAMED BOUGARA BOUMERDES 2008-2009.

[4] Bossy, P, Brard, P. Faugere et C. Merlaud. « Le GRAFCET ». Edition EDUCALIVRE. PARIS 1979.

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

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

❖ Sites web:

[7] « dessalement de l'eau de mer : bilans des dernières avancées technologiques ; bilan économique ; analyse critique en fonction des contextes ».

Farid TATA-DUCRU.

comptecb@orange.fr.

Janvier 2009.

[8] « le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres ».

Article rédigé par Viviane Renaudin (Maitre de conférences au département Génie Chimique,

Génie des procédés de l'IUT de Nancy Brabois, Université Henri Poincaré et chercheur au LSGC (laboratoire des Science du génie chimique), CNRS, Nancy), relu par Guillaume Champion (professeur agrégé à l'ENS).

Culturesciences.chimie.ens.fr

[9] Les perspectives du dessalement d'eau de mer.

<http://www.wikiwater.fr>.

Date de mise en ligne : mercredi 8 février 2012.

[10] Comment ça marche, production de l'électricité.

www.opg.com/learningzone.

[11] La production de l'énergie électrique.

www.ac-grenoble.fr.