

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté de Technologie
Département Génie des procédés

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master

En Génie des procédés

Option : Hygiène et Sécurité Industrielle

THEME

Performance environnemental d'une chaudière
dessalement Au niveau de central électrique
Cap djenet

Présenté par :

KESSARI Zakaria

BERRAHAL Amel

Promotrice : Mme. DIDOUCHE.Y

Co-promoter: Mr. CHERIFI.K

Promotion 2021- 2022

Résumé

Dans ce projet, nous étudions l'impact de la centrale à vapeur de Ras Djinet sur l'environnement, ainsi que son impact sur la vie marine.

Grâce au système de cycle fermé de l'eau traitée à la centrale à vapeur, des mesures sont prises pour surveiller l'eau reçue dans le canal du projet Offshore ainsi que des mesures des sorties d'échappement qui sont aux niveaux les plus bas recommandés dans les règlements internes.

Pour obtenir les résultats souhaités, nous avons étudié plusieurs phases de la centrale à vapeur, notamment la station de dessalement, la station de déminéralisation de l'eau et enfin le générateur de vapeur (chaudière).

Afin d'obtenir l'objet de l'étude, nous avons analysé les résultats obtenus à partir des mesures de contrôle de l'eau et des sorties d'échappement afin que la centrale à vapeur de ras djinet Boumerdas soit basée sur l'application des réglementations internes et ministérielles concernant l'environnement.

ملخص

ندرس في هذه المذكرة تأثير المحطة الحرارية البخارية برأس جنات ببومرداس على البيئة المحيطة به ومياه البحر والحياة البحرية. من خلال نظام الدورة المغفلة للمياه المعالجة في المحطة الحرارية البخارية يتم اخذ قياسات مراقبة المياه التي تلقى في قنوات الصرف في البحر وأيضا قياسات مخارج العادم التي تكون في ادنى المستويات الموصى بها في اللوائح الداخلية .

للحصول على النتائج المرجوة قمنا بدراسة عدة مراحل للمحطة الحرارية البخارية برأس جنات منها محطة تحلية مياه البحر ومحطة تنقية المياه واخيرا محطة توليد البخار (محطة المرجل) .

من أجل حوصلة موضوع الدراس قمنا بتحليل نتائج المحصل عليها من قياسات مراقبة المياه ومخارج العادم والخروج بنتيجة ان المحطة الحرارية البخارية برأس جنات ببومرداس تقوم على تطبيق اللوائح الداخلية والوزارية التي تنص على احترام البيئة والمحيط.

Abstract

In this project, we are studying the impact of the ras djinet steam power plant on the environment, and also their impact on marine life.

Through the closed cycle system of the treated water at the steam power plant, measures are taken to monitor the water received in the Offshore Project Canal as well as measurements of the exhaust outlets which are at the lowest levels recommended in the internal regulations.

For the desired results, we studied several phases of the steam power plant, including the desalination station, the water demineralization station and finally the steam generator (boiler).

In order to obtain the subject of the study, we analyzed the results obtained from the measurements of water control and exhaust outlets so that the steam power plant of ras djinet Boumerdas is based on the application of internal and ministerial regulations respecting the environment.



Remerciement

*Nous remercions en premier lieu le bon Dieu le tout puissant et miséricordieux,
Qui nous a donné la force, la patience et le courage d'accomplir ce modeste
Travail.*

*Nous remercions notre promoteur Mme. Didouche.y enseignante du département de
Génie de procédé Boumerdes pour avoir bien voulu encadrer notre projet, pour
Son aide, ses conseils et ses suggestions.*

*Nous tenons à remercier chaleureusement, notre encadreur de stage
Mr. Cherifi karim, qui a encadré au quotidien notre travail. Sa très grande
Disponibilité a rendu cette thèse particulièrement agréable. Son expertise, ainsi
Que ses conseils avisés ont été très formateurs et d'un très grand secours, au
Cours de ce projet, ce qui nous a aidé et soutenu tout le long de notre travail.
A tous mes proches et ami (es) qui nous ont toujours soutenus et encouragés au
Cours de la réalisation de ce mémoire, et qui ont gardé confiance en nous en
Particulier notre groupe de master avec qui nous avons passé des moments
Inoubliables et gagné une expérience riche.*

*Un grand merci à nos parents, nos sœurs et nos frères, qui nous ont soutenu et
Ont su trouver les mots ou simplement être là dans les moments de doute et
D'hésitation.*

*Enfin nous finirons nos remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou
De loin à l'achèvement de ce travail.*

Merci à tous ...

Dédicaces

*Louanges à Allah qui m'a doté de force, de patience, de courage et de
Persévérance durant tout le long de mon cursus universitaire et qui m'a gratifié
De la maman la plus merveilleuse qui soit, qui a toujours fait passer la
vie et le bonheur de ses enfants avant le sien. Aucune dédicace ne
Saurait exprimer mon amour et ma considération pour tous les sacrifices
Que tu as consentis pour mon instruction et mon bien-être.*

A mon père

*Pour le soutien, les conseils et les encouragements qu'il m'a apportés, d'avoir
Instillé en moi l'importance du savoir depuis ma tendre enfance, pour le
Témoignage quotidien de son courage, qui m'a porté à ne jamais baisser les bras.*

A mes frères et ma sœur

*Ahmed et adel, sabrina aucune dédicace ne saurait exprimer tout l'amour que j'ai
Pour vous, votre joie et votre gaieté me comblent de bonheur.*

A Ma binôme, amel pour sa foi

Durant toutes les périodes de réalisation de ce projet.

A toutes mes aimés sans exceptions

A tout le groupe MHSJ 2022

Zaki

*Tout d'abord, je remercie mon DIEU le tout puissant, de me avoir donné la
Volonté et le courage et la patience afin d'arriver à la finalité de ce modeste travail.*

Je dédie ce travail à :

A ma très chère mère

*Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon
Chemin dans leur vie et leurs études. Je te dédie ce travail en témoignage de mon
Profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé,*

Longue vie et bonheur. Merci maman

A mon très cher père

*L'épaulé solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de
Mon estime et de mon respect. Aucune dédicace ne saurait exprimer mes
Sentiments. Que Dieu te préserve et te procure santé et longue vie.*

*A mes frères said, et ma sœur ibtessam najjiba sirine Aucune dédicace ne saurait
exprimer tout l'amour que j'ai pour vous,*

Votre joie et votre gaieté me comblent de bonheur.

A mes grands-parents, Oncles et tantes qui m'ont toujours soutenu au cours de

Mes années d'études

A tous ma famille, mes amis et mes proches sans exceptions

À Mon binôme, zaki.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit

Possible, je vous dis merci. . .

AMEL

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I : Présentation de centrale thermique de Ras Djanet	3
I.1 Introduction	3
I.1.1 Les centrales hydrauliques.....	3
I.1.2 Les centrales marémotrices.....	3
I.1.3 Les centrales géothermiques.....	4
I.1.4. Les centrales éoliennes	5
I.1.5. Les centrales solaires	6
I.1.6. Les centrales nucléaires	6
I.1.7. Les centrales thermiques.....	7
I.2 Présentation de la Centrale Thermique de Ras-Djanet CTRD	7
I.2.1 Situation géographique de centrale thermique de Ras djanet.....	7
I.2.2 Historique	9
I.2.3 Caractéristiques	10
I.2.4 Différentes commandes et contrôles.....	10
I.2.4.1 Système de surveillance, d’alarme et d’analysé	11
I.2.4.2 Salle de commande centralisée	11
I.2.5 Rôle de la CTRD	11
I.3 Différents Station de la CTRD	12
I.3.1 Station de l’eau de mer	12
I.3.2 Station de pompage et de filtration.....	12
I.3.2.1 filtrage d’eau de mer.....	12
I.3.2.2 Pompage d’eau de mer.....	12
I.3.3 Stations de traitements des eaux	12
I.3.3.1 Station d’électro-chloration	12
I.3.3.2 Station de dessalement.....	12
I.3.3.3 Station d’déminéralisation	13
I.3.4 Station de dépotage et transfert fuel	13
I.3.5 Station de gaz.....	13
I.3.6 Post Air comprimé.....	13
I.3.7 Station de production d’hydrogène.....	13
I.4. Identification des composants de la CTRD	14
I.4.1 Générateur de Vapeur (Chaudière).....	14

I.4.2 Turbine à Vapeur [7]	14
I.4.2.1 Description.....	14
I.4.2.2 Rôle d'une turbine	17
I.4.2.3 caractéristiques globales d'une turbine.....	17
I.4.3 Alternateur	18
I.4.3.1 Description.....	18
I.4.3.2 Rôle	18
I.4.3.3 Caractéristiques d'un alternateur :	18
I.4.3.4 Constitution d'un alternateur	19
I.4.4 Groupe d'excitation.....	20
I.4.4.1 Description et fonctionnement	20
I.4.4.2 Caractéristiques.....	20
I.4.5 Groupe d'évacuation d'énergie électrique	21
I.4.5.1 Transformateur Principal élévateur.....	21
I.4.5.2 Transformateur de soutirage abaisseur.....	21
I.4.6 Condenseur	21
I.4.6.1 Description	21
I.4.6.2 Caractéristiques	22
I.4.6.3 Rôle et fonctions	23
I.4.7 Pompe d'extraction	23
I.4.7.1 Description	23
I.4.7.2 Caractéristiques.....	24
I.4.8 Réfrigérons.....	24
I.4.8.1 Réfrigérons d'hydrogène.....	24
I.4.8.2 Réfrigérons d'été (Réfrigérons d'eau d'extraction).....	24
I.4.9 Réchauffeurs	24
I.4.9.1 Réchauffeurs à Base Pression	25
I.4.9.2 Réchauffeurs à haute Pression	25
I.4.10 Dégazeur	25
I.4.11 Bâche Alimentaire.....	25
I.4.11.1 Description.....	25
I.4.11.2Caractéristiques.....	26
I.4.11 Pompe Alimentaire	26
I.4.11.1 Description.....	26
I.4.11.2 Rôle.....	26

I.4.11.3 Caractéristiques.....	27
I.6 Conclusion.....	30
Chapitre II : Processus de dessalement de la centrale thermique	31
II.1 Introduction.....	31
II.2 l'unité de dessalement d'eau de mer	31
II.3 Prétraitement de l'eau.....	32
II.3.1 Station de pompage	32
II.3.2-Filtration de l'eau de mer	32
II.4 Description de l'unité de dessalement.....	32
II.4.1 L'évaporateur (WG11B001)	33
II.4.2 Le réchauffeur final (WH11B001).....	34
II.4.3 La chaudière d'eau chaude (WL12D001)	34
II.4.4 Système d'évacuation : mise sous vide	35
II.4.5-Pompe	35
II.4.6 Injection de produits chimiques	36
II.4.7 Commande et réglage de l'installation.....	37
II.6. Conclusion.....	42
Chapitre III : le principe de fonctionnement du processus de déminéralisation	44
III.1. Introduction.....	44
III.2. Description de la déminéralisation.....	44
III.2.1 Principe de la déminéralisation	44
III.2.2 But de l'opération déminéralisation	44
III.3. constitution de la station de déminéralisation	45
III.4. Description et caractérisation du filtre à lits mélangés	45
III.5. La régénération	46
III.5.1. Les étapes de la régénération.....	46
III.5.2 Description du fonctionnement de procédé de régénération.....	53
III.6. Conclusion	55
Chapitre IV : générateur de vapeur [La chaudière].....	56
IV.1. Introduction.....	56
IV.2.Historique	57
IV.3. Définition et rôle d'un générateur de vapeur	57
IV.1.4. Classification des générateurs de vapeur	58
IV.1.5. Description du générateur de vapeur de la centrale de Cap Djinet.....	61
IV.5.1. Caractéristiques des composants de la chaudière	63

IV .5.1 .1 : Circuit eau-vapeur	64
IV.5.1.2.Circuit d'air et de fumées.....	68
IV.5.1.3. Le bruleur d'une chaudière	73
IV.5.1.4.Chambre de combustion	74
IV.5.1.5. Cheminée	75
IV.5.2. Mode de fonctionnement du générateur de vapeur de la centrale de Cap Djinet	75
IV.5.3. D'analyses des rejets atmosphérique et mesure du bruit de la « CTRD »	77
IV.5.3.1 INTRODUCTION	77
IV.5.3.2 objectif de mesure.....	77
IV.5.3.3 modalité d'intervention	77
IV.5.3.4 Synthèse des résultats	78
IV.6 Conclusion	80
Conclusion général.....	82
Références bibliographiques	83

Table des figures

Figure I.1:Schéma d'une centrale hydraulique.....	3
FigureI.2 : Schéma de principe de la centrale marémotrice	4
FigureI.3:schéma les centrales géothermiques	5
FigureI.4: Schéma de la centrale éolienne	5
FigureI.5:Schéma Les centrales solaires	6
FigureI.6:Schéma d'une centrale nucléaire.....	6
Figure I.7 : Plan de Masse de CTRD.....	8
Figure I.8: Salle de commande de la CTRD.	11
Figure I.9: Principe de production d'électricité dans les centrales à vapeur	12
Figure I.10: Turbine, corps Haute Pression.	15
Figure I.11 : Turbine, corps Moyenne Pression.....	16
Figure I.12: Turbine, corps Base Pression.....	17
Figure I.13 : Schéma d'un alternateur.....	19
Figure I.14: Stator d'un l'alternateur	19
Figure I.15 : Rotor d'un alternateur de la CTRD.....	20
Figure I.16: Condenseur par surface	22
Figure I.18: Bâche Alimentaire.....	26
Figure I.19: Schéma thermique d'une tranche de la CTRD.	29
Figure I.1:Schéma simplifié de l'unité de dessalement.....	31
Figure II- 2 : Station de pompage.....	36
Figure II.4 : Schémas détaillé de l'unité de dessalement.....	41
Figure III.1 : filtres à lits mélangés	46
Figure III.2. Lavage à contre-courant et séparation des résines	47
Figure III.3. Arrêt de l'arrivée de l'eau	47
Figure III.4. L'opération de remplissage acide et de soude	48
Figure III.5. Les hublots.....	50
Figure III.6. Mélange des résines.....	50
Figure III.7. Replier l'espace vide	51
Figure III.8. Rodage.....	51
Figure III.9 .neutralisation des produits chimiques.....	52
Figure IV.1.les composants d'une tranche de production.....	56
Figure IV.2 : Principe d'un générateur de vapeur à tubes de fumée.	58
Figure IV.3 : Principe d'un générateur de vapeur à tubes d'eau.....	59

Figure IV.4 : Principe de la circulation naturelle.	60
Figure IV.5 : Principe de la circulation forcée	61
Figure IV.6 : Plan d'ensemble du générateur de vapeur.	63
Figure IV.7 : Economiseur	64
Figure IV.8: Ballon chaudière	66
Figure IV.9 : circuit eau-vapeur.	68
Figure IV.10 : réchauffeur d'air rotatif.	69
Figure IV.11 Schéma du circuit air-fumées de la chaudière de Cap Djinet	71
Figure IV .11 : Brûleur en fuel	73
Figure IV .12 Triangle de feu	74
Figure IV .13 : Bilan thermique dans la chambre de combustion.....	75
Figure IV .14 : Schéma synoptique de la centrale de Cap Djinet.	76

Liste Des Tableaux

Tableau I.1 : Etapes de développement de la CTRD.	9
Tableau I.2 : Tranches de couplage au réseau national.	9
Tableau I.3 : Caractéristiques de la CTRD.	10
Tableau I.4 : Modes de commande des principaux équipements.	10
Tableau I.5 : Caractéristiques de l'eau déminéralisée.....	13
Tableau I.6 : Caractéristiques du corps HP[9].....	15
Tableau I.7 : Caractéristiques du corps MP.....	16
Tableau I.8 : Caractéristiques du corps MP.....	17
Tableau I.9 : Caractéristiques globales de la turbine.	18
Tableau I.10 : Carte technique d'un l'alternateur de la CTRD.	18
Tableau I.11 : Carte technique d'une excitatrice principale.....	20
Tableau I.12 : Carte technique d'une excitatrice pilote.....	21
Tableau I.13 : Caractéristiques d'un condenseur.	23
Tableau I.14 : Caractéristiques d'une pompe d'extraction.	24
Tableau I.15 : Caractéristiques d'un Bâche Alimentaire.....	26
Tableau I.16 : Caractéristique d'une pompe alimentaire	27
Le tableau II. 1 donne certaine caractéristique aux différents points de l'évaporateur.....	34
II.5. Contrôle des unités de dessalement	42
Tableau II : Contrôle des unités de dessalement.....	42
Tableau IV.1 : Paramètres du générateur de vapeur	62
Tableau IV.2 : Paramètres de l'économiseur	64
Tableau IV.3: Paramètres du ballon chaudière	65
Tableau IV.4: Paramètres des écrans vaporisateurs	67
Tableau IV.5 : Paramètres des brûleurs lors d'une alimentation au gaz naturel.....	72
Tableau IV.6. Matériels utilisés	77
Tableau IV.7. Matériels utilisés	78
Tableau IV.7. Les normes appliquées	78
Tableau IV.8 Valeur des rejets atmosphérique émanant de la sortie AVAL chaudière de groupe TV 10	78
Tableau IV.8. Valeur des rejets atmosphérique émanant de la sortie AMONT chaudière de groupe TV 10.....	79
Tableau IV.9. Mesure de bruit.....	79

Introduction générale

Introduction Général

Actuellement, l'usage de l'électricité dans la vie quotidienne est d'une nécessité absolue, d'où l'ampleur de production dans tous les pays du monde.

En dépit, les avancées faites dans le développement des centrales nucléaires, hydrauliques, solaires et éoliennes ; les centrales thermiques sont toujours en fonctionnement, vue la disponibilité des hydrocarbures utilisées comme combustible dans la production d'électricité pour certains pays.

Les centrales thermiques utilisent les turbines à vapeur pour la génération d'électricité, ces dernières restent jusqu'à présent l'un des moyens les plus utilisés au même titre que les turbines à gaz. A titre indicatif près de 43% de l'énergie électrique produite en Algérie est générée par des turbines à vapeur.

À l'issue de notre cursus universitaire, étant suivi d'une formation en master 2 en Génie Procédés option *Hygiène et Sécurité Industrielle* à l'université M'HAMED BOUGUERA de BOUMERDES, nous sommes intéressés, à la réalisation d'un projet de fin d'études (PFE) à l'entreprise «Société Algérienne de Production de l'Electricité (SPE)».

Le central thermique de Ras Djanet l'est de Boumerdes « CTRD » a été signalisé son 1er réalisation de contrat en 1980, Lors de l'inspection de l'ancienne centrale, en activité depuis 1986, le ministre a indiqué que cette dernière, la plus grande unité de production de l'électricité sur le territoire national, fonctionne, malgré son ancienneté, "de façon normale", précisant que ses quatre unités de production bénéficieront de travaux de rénovation afin de porter sa capacité de production à plus de 670 MGW.

L'installation comprend quatre unités de dessalement indépendantes, qui produit 500m³ d'eau dessalée par jour chacune, qui sera stockée dans deux réservoir de 2700m³.

À l'ébauche de ce projet, il fut judicieux en premier lieu de nous familiariser du le milieu professionnel.

Le fonctionnement des centrales électriques est finalement toujours identique.

La centrale n'a d'autre but que d'actionner une turbine qui fait tourner un alternateur, celui-ci produit du courant qui, avant d'être transporté dans les lignes à haute ou très haute tension.

Ce travail, s'articule une bibliographique.

Le volet bibliographique comprend un passage en revue sur l'installation de la centrale thermique de Ras-Djanet « CTRD », dont la partie principale se relate comme suit :

Le condenseur d'une centrale thermique à vapeur, fonctionnant avec une pression inférieure à la pression atmosphérique axé quatre dérives que voici :

- Le premier chapitre décrit la centrale thermique de Ras-Djanet « CTRD », décrivant son historique et sa localisation géographique, édifiant ses différentes caractéristiques et principaux constituants, ainsi que son principe de fonctionnement.
- Le deuxième sera consacré au principe de fonctionnement du processus de dessalement de la centrale à quel stade

Introduction Général

- Au troisième sera évoqué le principe de fonctionnement du processus de déminéralisation de la centrale thermique.
- Au quatrième on se penchera sur le principe de fonctionnement du générateur de vapeur « chaudière ».
- On clôturera notre travail par une conclusion générale relevant les principaux résultats.

Chapitre I

Présentation de centrale thermique de Ras Djinet

I.1 Introduction

La nécessité de la production d'énergie électrique a débuté au 19^e siècle, Progressivement cet impératif a connu une évolution avec la technologie et la démographie pour produire cette énergie.

Pour ce faire, l'homme a fait usage de plusieurs méthodes, à savoir : les centrales électriques hydrauliques, thermiques, éoliennes, nucléaires, géothermiques et solaires.

Le choix du type de l'énergie primaire utilisée par la centrale est déterminé par un calcul économique lié aux coûts d'investissement, d'exploitation et d'entretien [1].

I.1.1 Les centrales hydrauliques

Dans les centrales hydrauliques, on transforme l'énergie potentielle de l'eau en énergie cinétique. Cette énergie est ensuite convertie successivement en énergie mécanique par la turbine, puis en électricité par l'alternateur couplé à la turbine. Suivant l'importance de la réserve d'eau du barrage de l'usine, on distingue les centrales au fil de l'eau, les centrales d'écluse et les barrages de lac.

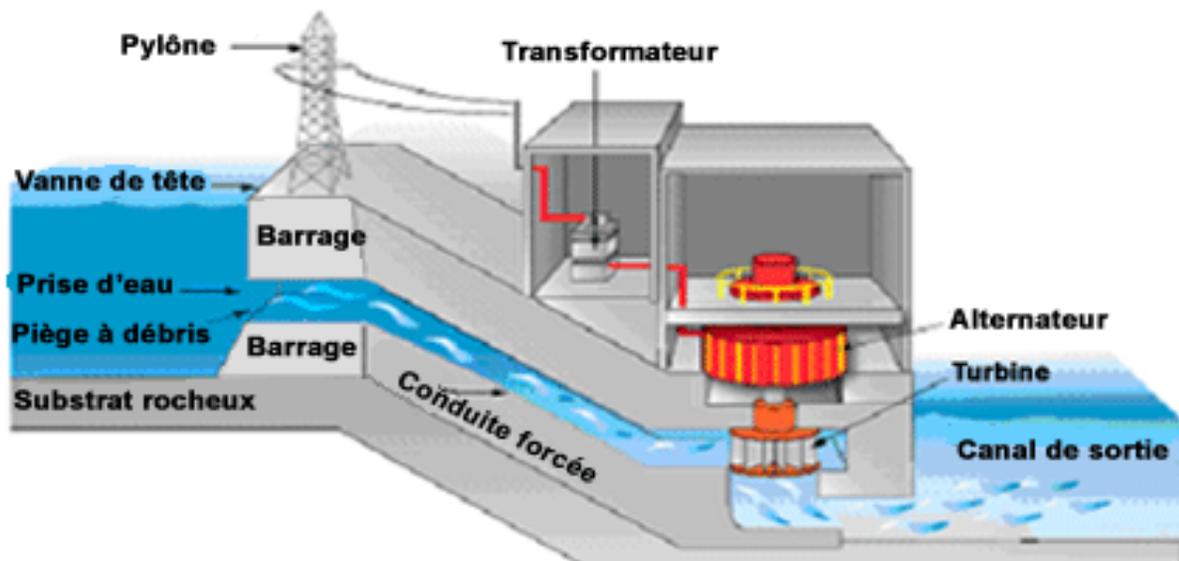
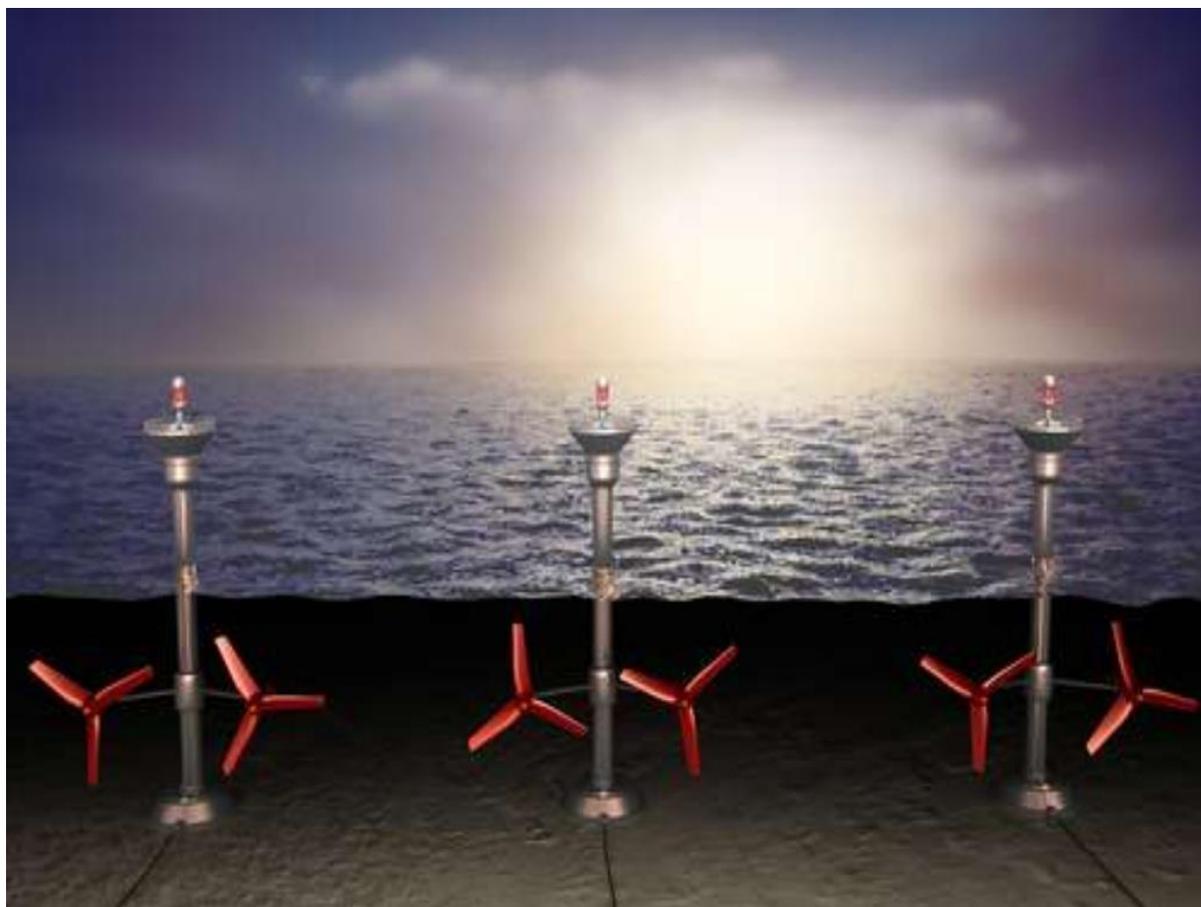


Figure I.1:Schéma d'une centrale hydraulique.

I.1.2 Les centrales marémotrices

Les centrales marémotrices utilisent l'énergie des marées grâce à des groupes turbine-alternateur (du type bulbe) pouvant fonctionner dans les deux sens (flot et jusant). Ces groupes peuvent également fonctionner en motopompe, de façon à remonter de l'eau dans l'estuaire aux heures creuses, afin de la turbiner aux heures de forte consommation. En raison de son coût d'investissement élevé, la construction de ce type de centrales est restée limitée à quelques exemplaires, dont l'usine de la Rance, en France, est l'exemple le plus connu.



FigureI.2 : Schéma de principe de la centrale marémotrice

I.1.3 Les centrales géothermiques

Les centrales géothermiques sont des centrales thermiques qui utilisent, comme source de chaleur, l'énergie thermique à haute température de l'écorce terrestre, résultant de l'activité volcanique. Les sites favorables sont peu abondants. La puissance installée est relativement modeste (quelques dizaines de MW), à l'exception de quelques usines implantées dans des sites remarquables, comme Larderello (365 MW) en Toscane (Italie), exploitée dès le 19^{ème} siècle. [2]

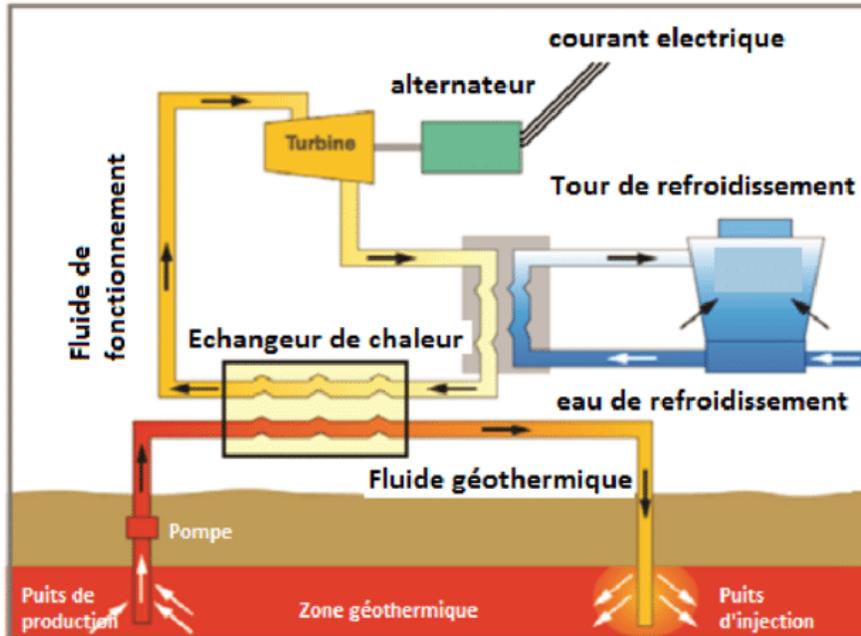


Figure I.3: schéma des centrales géothermiques

I.1.4. Les centrales éoliennes

Les centrales éoliennes, de faible puissance, utilisent la force du vent.

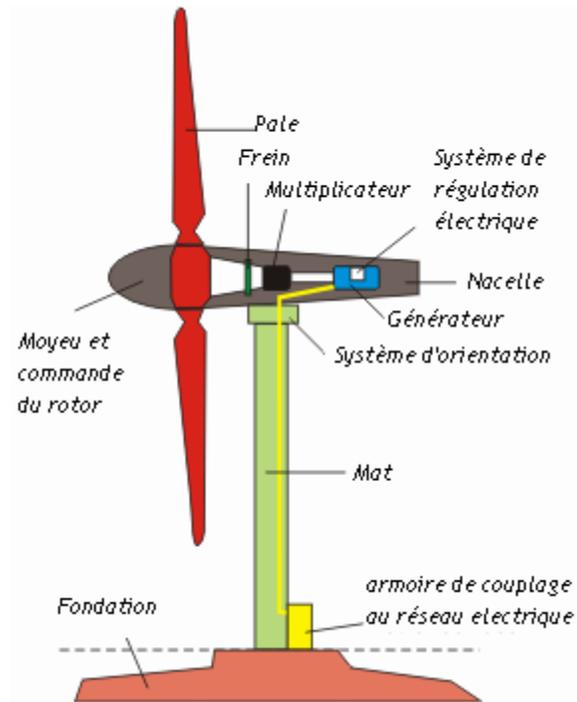


Figure I.4: Schéma de la centrale éolienne

I.1.5. Les centrales solaires

La source thermique des centrales solaires est constituée par le rayonnement solaire, qui est concentré par de nombreux miroirs mobiles sur une chaudière placée au sommet d'une tour. [3]

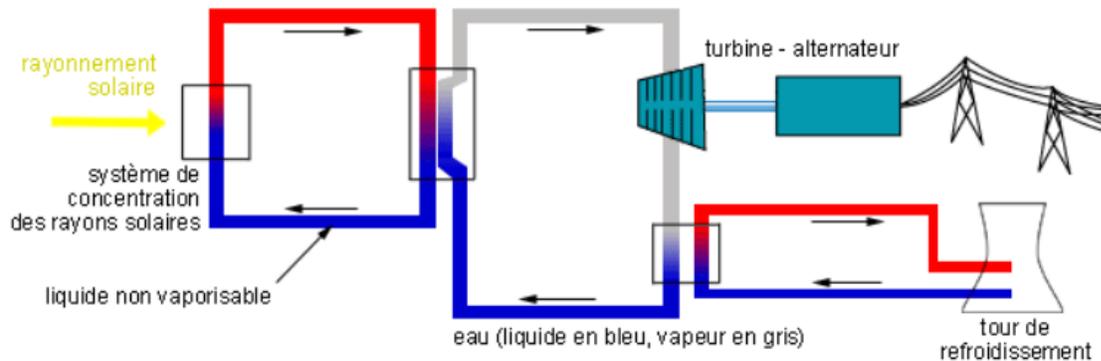


Figure I.5: Schéma Les centrales solaires

I.1.6. Les centrales nucléaires

Les centrales nucléaires sont également des centrales Thermiques, dont la source de chaleur a pour origine la réaction nucléaire de fission. Par analogie avec les usines thermiques brûlant des combustibles fossiles, on parle de «chaudières» nucléaires dont le réacteur «brûle» du «combustible» nucléaire (uranium 235 ou plutonium).

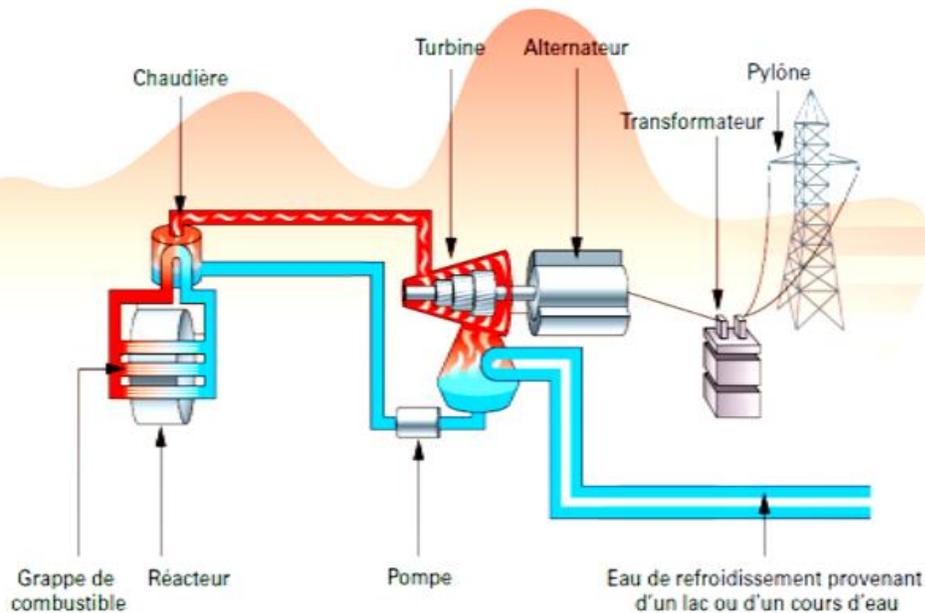


Figure I.6: Schéma d'une centrale nucléaire

I.1.7. Les centrales thermiques

Une centrale thermique se compose principalement d'une chaudière et d'un groupe turboalternateur. La chaudière produit de la vapeur en brûlant un combustible solide, liquide ou gazeux. L'énergie thermique de la vapeur est convertie en énergie mécanique, puis en énergie électrique par le groupe turboalternateur. [1]

I.2 Présentation de la Centrale Thermique de Ras-Djanet CTRD

Le développement de l'énergétique exerce une influence décisive sur le développement de toute l'économie nationale de chaque pays. Nous allons identifier l'énergie électrique. L'énergie électrique est le facteur efficace et vital pour le développement de divers secteurs dans des différents domaines en particulier l'industriel à l'échelle mondiale, et comme le développement est mesuré par le niveau industrielle en général, elle reste toujours un besoin très intéressant pour le fonctionnement d'une machine ou d'une entreprise d'où l'industrie d'un pays. Pour cela, tous les pays au monde sont en compétition pour fournir cette source par des différentes stratégies technologiques qui consomment moins des coûts.

L'Algérie est également impliquée dans cette affaire, actuellement et depuis les années quatre-vingt, il est considéré comme un pôle efficace dans la production de cette énergie selon le principe des centrales thermiques, cette dernière on a la Centrale Thermique Ras- Djanet [1].

La centrale thermique de Ras-Djanet a été construite dans le but de produire cette énergie électrique à partir de la vapeur d'eau dans un circuit fermé.

Dans ce premier chapitre, nous allons présenter brièvement la Centrale Thermique de Ras-Djanet, sa localisation géographique, ses importantes caractéristiques, ses composants, stations et son cycle de production de l'énergie électrique à partir de l'aspiration de l'eau de mer jusqu'à l'évacuation et la distribution de l'énergie électrique au réseau national. [8]

I.2.1 Situation géographique de centrale thermique de Ras djinet

La CTRD située au bord de la mer dans la commune de Ras-Djanet de wilaya de Boumerdes à 75 km du côté d'Alger. Elle est implantée sur une superficie de 35.

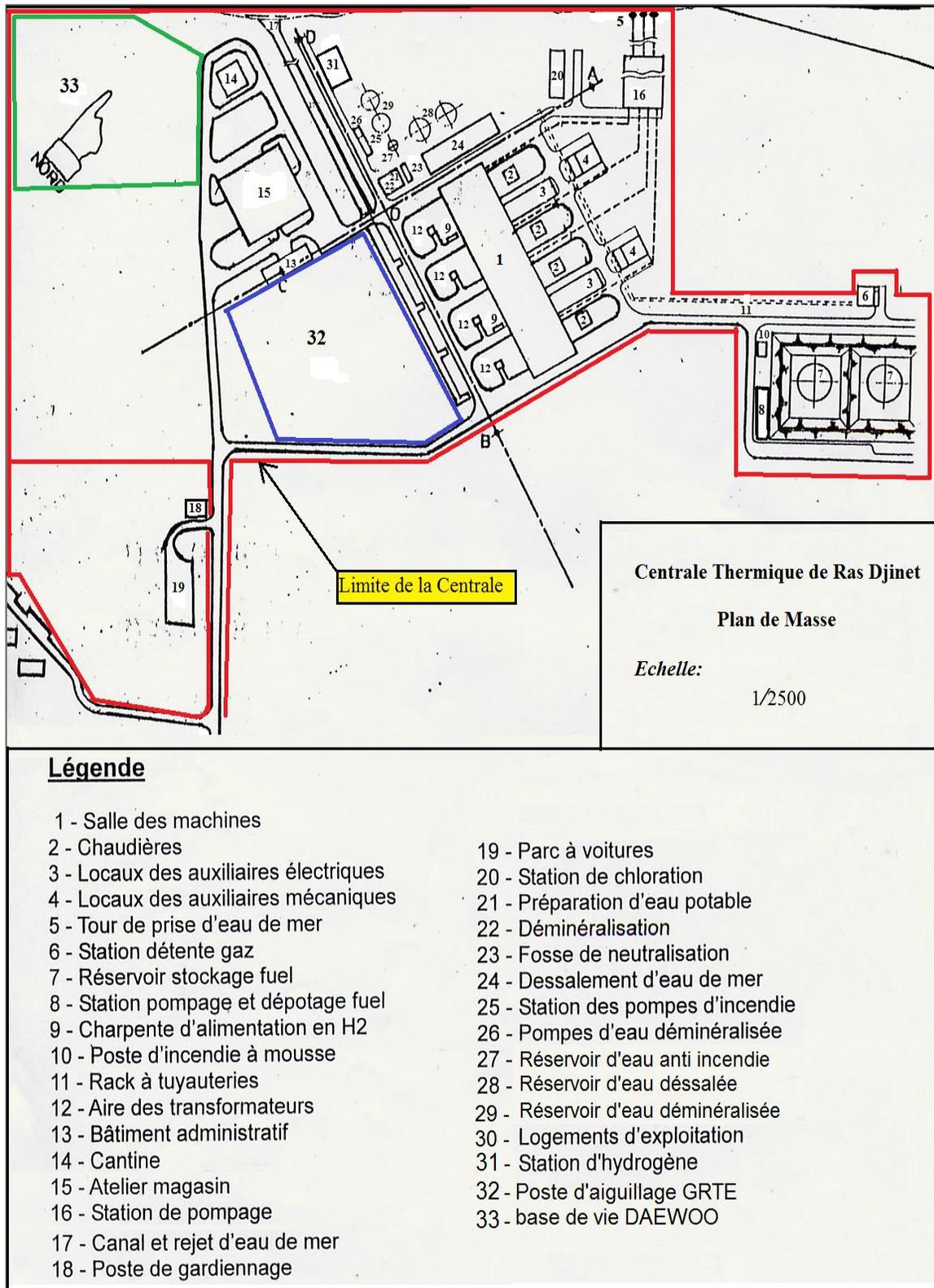


Figure I.7 : Plan de Masse de CTRD

Le choix du site revient à :

- La disponibilité et la proximité de la source cette centrale qui est l'eau de mer.
- La disponibilité des conditions favorables sous-sol, ne nécessitant pas de fondation profondes.
- La présence de la surface suffisante de l'installation et la possibilité de l'extension

I.2.2 Historique

La CTRD a été construite par consortium :

AUSTRO-ALLEMAND : SIEMENS-KWU-SGP [Bali et Tir satine, 2015].

- SIEMENS : Autriche
- KWU : KRAFTWERK-AG <RFA>
- SGP : SIMMERING GRAZ PAUKER <Autrich>

La partie de la prise d'eau de mer a été réalisée par : l'entreprise Espagnol DRAGADO

Les entreprises Algériennes qui ont participé à la réalisation sont :

ENCC, ETTERKIB, BATIMETAL, GINESIDER, INPERRGA, SNLB, PROSIDER, ENATUB, SNIC, GTP, SONATRAM ET SOGEP.

Tableau I.1 : Etapes de développement de la CTRD.

Date	Evénement
1980	signalisation des principaux contrats
1981	démarrage des travaux de terrassement
1984	démarrage de montage de la Central
1986	couplage aux réseaux des trois groupes
17 Juin 1986	première fourniture de l'énergie électrique

Les quatre tranches de couplage au réseau national (voir tableau I.2).

Tableau I.2 : Tranches de couplage au réseau national.

Date	évènement
Décembre 1985	La 1ere tranche
Avril 1986	La 2ème tranche
Septembre 1986	La 3ème tranche
Décembre 1986	La 4ème tranche

I.2.3 Caractéristiques

la CTRD est constitué de quatre groupe identiques avec des même caractéristiques, on a regroupé ces caractéristiques dans le tableau suivant (voir tableau I.3) [DT de CTRD].

Tableau I.3 : Caractéristiques de la CTRD.

Caractéristique	valeur
Puissance totale installée (borne Alternateur)	704 MW, (176 MW /groupe).
Puissance Fournier au réseau	672 MW, (186 MW/groupe).
Consommation totale des auxiliaires	32 MW.
Capacité de vaporisation maximale	530 T/h /groupe.
La température à la sortie des surchauffeurs	540 C°.
Débit gaz nécessaire pour assurer la pleine charge des 4 groupes	160000 Nm ³ /h.
Secours fuel stocké dans deux réservoirs	20000 m ³ , (10000 chacun).

I.2.4 Différentes commandes et contrôles

La CTRD est caractérisée par un degré élevé d'automatisme et de centralisation décommande, surtout ces dernières année après l'amélioration des quelques systèmes.

Les principaux modes de commande des équipements sont les suivantes (voir tableau I.4).

Tableau I.4 : Modes de commande des principaux équipements.

Equipment	Mode de commande
Post d'eau turbine	système à commande électrique
Chaudière	système de régulation électrique
Alternateur	surveillance électrique
Turbine	Régulation électro-hydraulique

I.2.4.1 Système de surveillance, d'alarme et d'analysé

La bonne conduite des groups de la production de l'électricité ceci est réalisé par la bonne surveillance et l'analyse permanent de l'état et de comportement des équipements de ces groupes, pour cela, l'enregistrement des paramètres (température, pression, niveau d'eau, vibration ...) de ces derniers se fait au niveau de la salle de commande et signalés en cas de dépassement de seuil. Pour une analyse en cas d'incident, un consigneur d'état est installé, permet d'enregistrer les alarmes dans un ordre chronologique.

I.2.4.2 Salle de commande centralisée

Elle sert au contrôle, surveillance, réglage et configuration les groupes de productions et les systèmes automatisés (voir figure I.8).

Il existe deux salles de commande, chacune pour un pair de groupe de production qui constituent de :

Deux pupitres de conduite.

- Deux tableau verticaux ou sont rassemblés de commande et les appareils.
- D'enregistrement des plus grands partis des paramètres.
- Un tableau schématisant les auxiliaires électriques.



Figure I.8: Salle de commande de la CTRD.

I.2.5 Rôle de la CTRD

Le rôle de la CTRD est de transformer d'énergie chimique contenue dans un combustible, en énergie électrique en passant par l'intermédiaire de l'énergie thermique et mécanique. Cette transformation s'opère dans divers appareils en utilisant les propriétés physiques de l'eau sous ses diverses formes liquides et vapeur.

Le principe de production de l'électricité dans la centrale peut donc être schématisé comme suit :



Figure I.9: Principe de production d'électricité dans les centrales à vapeur

I.3 Différents Station de la CTRD

Avant de l'utilisation de l'eau par la chaudière, il est passe dans des plusieurs stations [DT de CTRD M2].

I.3.1 Station de l'eau de mer

C'est elle qui est le responsable de l'aspiration de l'eau de mer (source de la vapeur et de refroidissement) à (900 m) de la côte par trois conduits en biton de diamètre de (2.7 m) avec un débit de (30 m³/s) environ

I.3.2 Station de pompage et de filtration

I.3.2.1 filtrage d'eau de mer

La filtration de l'eau mer se fait par l'élimination des déchets et organismes arrivant avec ce dernier par des filtres.

I.3.2.2 Pompage d'eau de mer

Le pompage se fait dans des puits qui se trouvent après la station de pompage par trois groupes de pompes d'alimentation. Ces derniers aspirent l'eau filtrée et le refoulent vers les stations de traitement des eaux et vers le refroidissement.

I.3.3 Stations de traitements des eaux

I.3.3.1 Station d'électro-chloration

La chloration de l'eau de mer a pour but de protéger le circuit et l'équipement traversé par l'eau de mer contre tout encrassement pouvant être causé par les micro- organismes marins. Elle basé par l'injection d'hypochlorite de sodium.

I.3.3.2 Station de dessalement

Elle est prévue pour produire de l'eau dessalée. Ce dernier est stocké dans deux bâches (2 x 2700 m³). Le principe utilisé est la distillation Multi-flash qui sert à vaporiser l'eau de mer pour lui enlever le sel puis la condensée. En plus des trois produits chimiques sont injectés qui sont :

- Le bégard EVN : Inhibiteur d'incrustation utilisé pour éviter l'entartrage.
- La belette (M33) : Produit anti-mousse utilisé pour éviter la formation de la mousse au niveau des évaporateurs.

- Le bisulfite de sodium (Na_2SO_3): Pour l'élimination du chlore dans l'eau pour diminuer la conductivité.

I.3.3 Station d'déminéralisation

Cette station reçoit l'eau dessalée au niveau de deux réservoirs avec un débit de (40 m³/h). Ces derniers contenant des tubes remplis de substances chimiques dont le rôle est de avoir une eau déminéralisée prête à être utilisés par le générateur de vapeur. L'eau produite par cette station est caractérisée par (tableau I.5). Le stockage de cette dernière se fait dans deux (02) réservoirs de (1500 m³) chacun.

Tableau I.5 : Caractéristiques de l'eau déminéralisée.

Caractéristiques	Values
Conductivité Electrique	0.1 us
PH	7
teneur silice	<0.2 mg/l

I.3.4 Station de dépotage et transfert fuel

Cette station contient de deux bâches de capacité de (2x10000 m³) à peu près (100 heures) de marche. Ces derniers utilisées pour stockés le fuel et l'utilisée en cas de l'absence de gaz. Quatre unités de cette station sont reliées directement a les quatre chaudières chacune à l'autre.

I.3.5 Station de gaz

La fonction de cette station est de filtré le gaz naturel et détente son pression a une pression constante. Cette station est composée de deux lignes de filtration et de t lignes de régulation pour la détente du gaz de (60 à 6 bars) pour alimenter les chaudières.

I.3.6 Post Air comprimé

C'est un post qui contient d'un ensemble de compresseur de tuyauteries de vannes, sert à la production et la distribution de l'air de régulation et de travail nécessaire aux différents consommateurs de la centrale.

I.3.7 Station de production d'hydrogène

Cette station produit l'hydrogène nécessaire au refroidissement des quatre alternateurs de la centrale.

I.4. Identification des composants de la CTRD

Le cycle de la production est constitué de plusieurs équipements, les plus importants sont :

I.4.1 Générateur de Vapeur (Chaudière)

Les chaudières de la CTRD sont de type à circulation naturelle [DT de CTRD M2 CH2], son tapissée de milliers de tubes dans lesquels circule l'eau d'alimentation, en brûlant du combustible. Ce dernier dégage la chaleur (l'énergie thermique) et donc transforme cette eau de l'état liquide à l'état vapeur surchauffée à haute pression, Cette vapeur a pour but de transport l'énergie calorifique de travail vers le groupe turbo- alternateur. Les conditions nécessaires pour la combustion sont :

- Un combustible : gaz ou fuel
- Un comburant : air
- L'étincelle.

I.4.2 Turbine à Vapeur [7]

I.4.2.1 Description

La turbine est une machine à une selle ligne d'arbre permettant la détente en recueillant l'énergie d'entrée sous forme mécanique Toutes les tranches sont

Équipées des turbines identiques, qui sont installées dans la salle des machines sur des terrains communs et en même lignes avec les alternateurs.

Les turbines de la CTRD sont composées de trois corps (HP, MP et BP) séparés :

a) Corps haute pression HP

Il est à simple flux avec un soutirage S6, la vapeur évacue se alimente les réchauffeurs haute pression, il équipe d'un étage de réglage pour régularisation par groupe de tuyères, Ce corps est monté et diriger par des intermèdes qui sont les paliers (figure I.10).

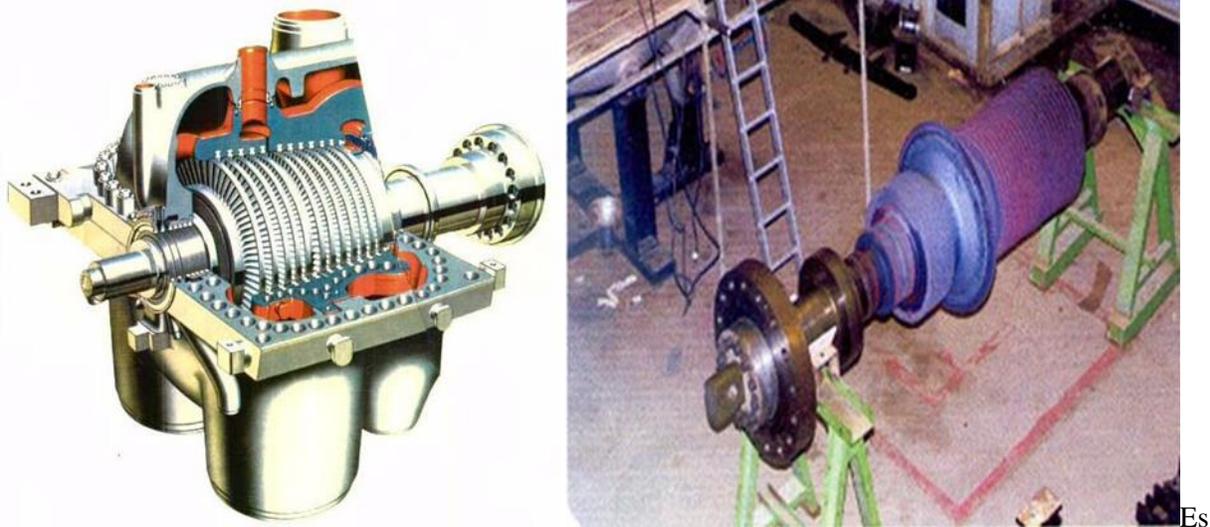


Figure I.10: Turbine, corps Haute Pression.

➤ **Caractéristiques du corps HP**

Les caractéristiques du corps HP sont regroupées dans le tableau suivant (voir tableau I.6)

Tableau I.6 : Caractéristiques du corps HP[9]

Caractéristiques	Valeurs
Débit vapeur	532 t /h
Pression vapeur	138 bars
Température vapeur	535 °C
Etage de réglage à action	1
Etage de réaction	23
Poids	4910Kg

b) Corps moyenne pression MP (SA12)

Il est à double flux avec deux soutirages S4 et S5. Respectivement, la première alimente la bêche alimentaire et le deuxième alimente le réchauffeur haut pression HP5. Il se équipé de deux vannes d'interception et de deux soupapes modératrices disposées symétriquement de part et d'autre du corps (figure 1.4).

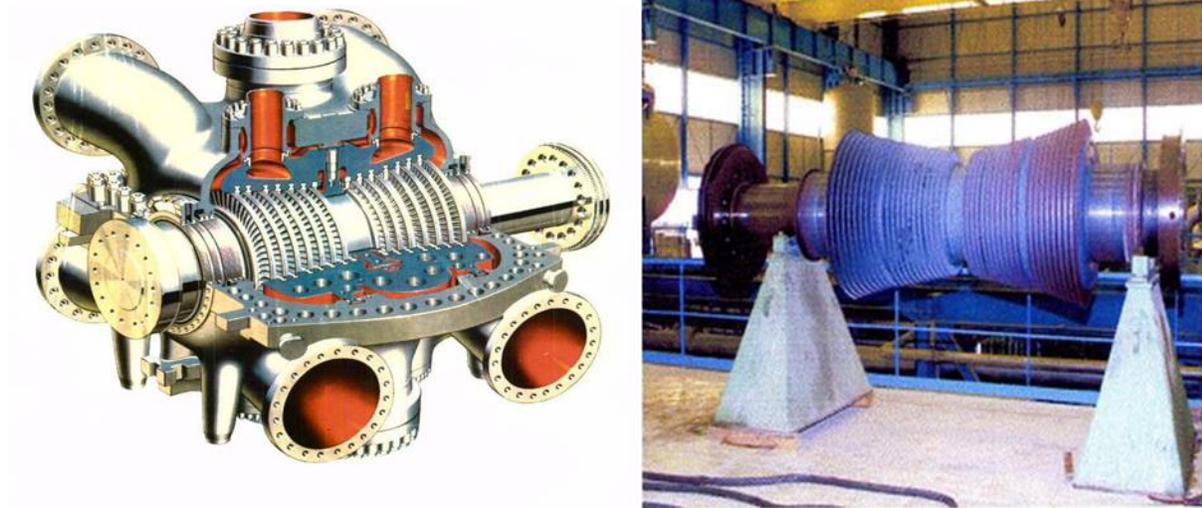


Figure I.11 : Turbine, corps Moyenne Pression.

➤ **Caractéristiques du corps MP**

(Voir tableau I.7)

Tableau I.7 : Caractéristiques du corps MP.

Caractéristiques	Valeurs
Nombre d'étage a réaction	2 x19
Pression admission	35 .9 bar
Température admission	535 °C
Débit vapeur	467.9 T/h

c) Corps base pression BP (SA13)

Il est du type à double flux avec trois soutirages S1, S2 et S3. Il est alimenté par le corps MP. Respectivement, la 1er S1 alimente le 1er réchauffeur BP, le 2ème S2 alimente le 2ème réchauffeur BP et le 3ème S3 alimente le 3ème réchauffeur BP (figure I.12).



Figure I.12: Turbine, corps Base Pression.

- Caractéristiques du corps BP

Tableau I.8 : Caractéristiques du corps MP

Caractéristiques	Valeurs
Nombre d'étage	2 x 8
Pression d'admission	5,5 bars
Température d'admission vapeur	282 °C
Débit vapeur	406 T/h
Poids du corps équipé	168103 kg

I.4.2.2 Rôle d'une turbine

La turbine transforme l'énergie thermique contenue dans la vapeur d'eau provenant de la chaudière en une énergie mécanique (rotative), cette dernière disponible à l'arbre de la turbine, entraîne un alternateur qui réalise la transformation en énergie électrique.[7]

I.4.2.3 caractéristiques globales d'une turbine

Les caractéristiques globales des trois corps sont récapitulées dans le tableau au-dessous (voir tableau I.9).

Tableau I.9 : Caractéristiques globales de la turbine.

Caractéristiques	Valeurs
Longueur	16 ,12 m
Largeur	13 m
Poids	500x10 ³ KG
Puissance	176 MW
Vitesse	300 T/m

I.4.3 Alternateur

I.4.3.1 Description

L'alternateur de la CTRD est une machine synchrone triphasée. C'est un alternateur bipolaire à refroidissement directe du rotor et à refroidissement indirect de l'enroulement du stator avec de l'hydrogène

I.4.3.2 Rôle

L'alternateur est une machine transformatrice d'énergie, c'est pour cela qu'il transforme l'énergie mécanique de la turbine en énergie électrique et produit un courant électrique alternatif par la rotation du rotor (partie mobile) dans le centre du stator (partie fixe).

I.4.3.3 Caractéristiques d'un alternateur :

Les alternateurs utilisés dans la CTRD sont construits par le constructeur SIEMENS –ELIN (voir tableau I.10).

Tableau I.10 : Carte technique d'un l'alternateur de la CTRD.

3phases	Alternateur type HDTGD – 212/470		
Y	15.500 V +10 %	8195 A	50 HZ
220.000 KVA		Cos α = 0.8	
50 HZ Classe d'isolation : F			IP 44
Excitation propre		2450 A	
Refroidissement a l'hydrogène 3 Bars Effective			
Poids	Stator complet 198 T		Rotor 35 T

I.4.3.4 Constitution d'un alternateur

L'alternateur comprend les principaux éléments suivants :

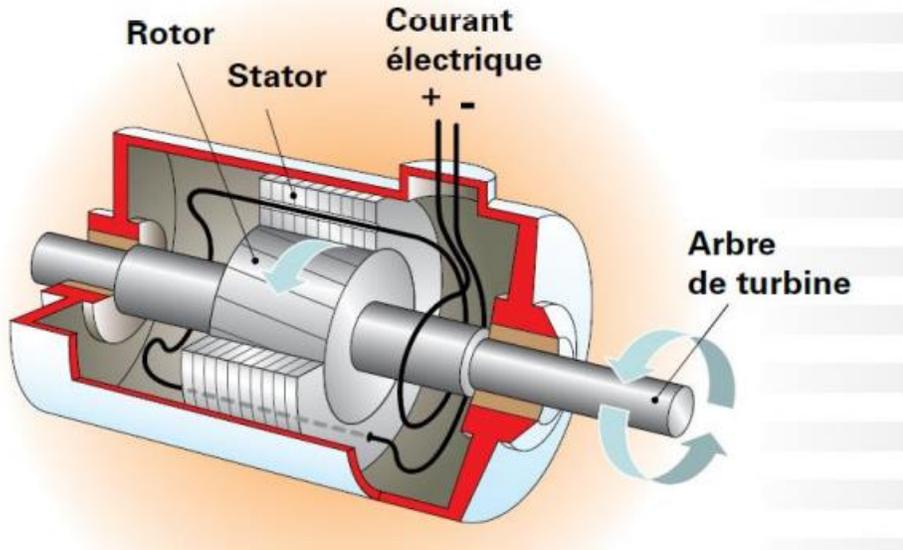


Figure I.13 : Schéma d'un alternateur

a) Stator

C'est la partie fixe d'alternateur. Il se compose d'une enveloppe qui porte le circuit magnétique et l'enroulement. Respectivement, la première est parcourue par un champ magnétique tournant, il est constitué par un empilage de tôles minces en Silicium et isolé par un vernis pour éviter la circulation de courant. Le deuxième, est fabriqué en spires de fils en cuivre isolés entre elles, sont divisés en trois enroulements distincts, disposés à 120° les uns des autres, pour cela on a (alternateur triphasé) (voir figure I.14).



Figure I.14: Stator d'un l'alternateur

b) Rotor

C'est la partie mobile de l'alternateur. Il se port enroulement qui se compose plusieurs bobines logées dans des encoches longitudinales parallèles à l'axe de rotor. Il est alimenté par une excitatrice, la pièce de raccordement est constituée par un conducteur rectangulaire en cuivre (voire figure I.14). Les Alternateurs de la CTRD sont refroidis par Gaz d'hydrogène (H₂) en circuit fermé qui mise en circulation par deux ventilateurs axiaux disposées sur les extrémités de l'arbre de rotor.



Figure I.15 : Rotor d'un alternateur de la CTRD.

I.4.4 Groupe d'excitation

I.4.4.1 Description et fonctionnement

Chaque alternateur des quatre groupes de la production est excité par un groupe d'excitation, qui se compose d'une excitation pilote, excitation principale et un pont de diode.

L'excitation pilote triphasé est un alternateur à pôle internes à aimants permanents tournants, le courant triphasé produit dans le stator excite le champ de l'excitatrice principale à pôle extérieur. Ensuite, le courant triphasé induit dans le rotor de l'excitatrice principale est transformé en courant continu dans un pont de diodes en silicium tournantes puis envoyé à l'inducteur de l'alternateur principal.

I.4.4.2 Caractéristiques

a) Excitatrice principale

Tableau I.11 : Carte technique d'une excitatrice principale.

Excitatrice principal type : ELR 70/62.30/6.10		
420 V – 600V	3200 A – 4500 A	1350 KW – 2700KW
Fréquence 50 HZ		
Classe d'isolation F	IP 44	Poids : 25.380 T

c) Excitatrice pilot

Tableau I.12 : Carte technique d'une excitatrice pilote.

	Type : ELP.60/29.20.16		
Y	235 V+10%	105 A	400 HZ
	Cos α =1		
Classe d'isolation : F		TP 44	

I.4.5 Groupe d'évacuation d'énergie électrique

Chaque groupe de la production a son propre groupe d'évacuation d'énergie électrique.

Il se compose de :

I.4.5.1 Transformateur Principal élévateur

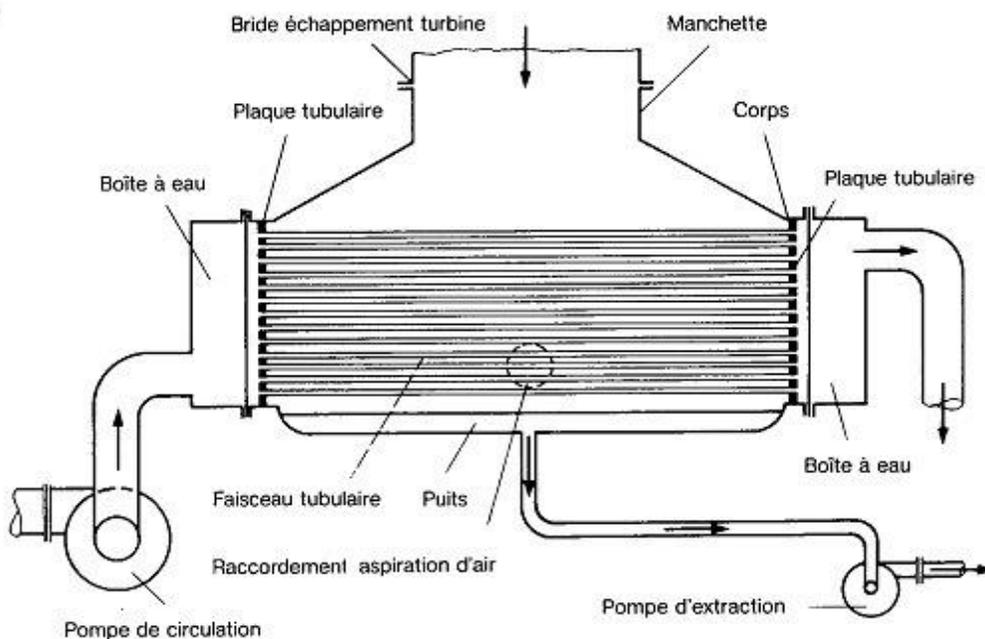
Ce qui assure la transformation et l'évacuation de l'énergie électrique produite par l'alternateur vers le réseau national de (15.5 KV) à (220 KV).

I.4.5.2 Transformateur de soutirage abaisseur

Il est alimenté par le réseau local avec une tension de (15.5 KV). Il assure l'alimentation des auxiliaires de groupe avec une tension de (6.3 KV)

I.4.6 Condenseur**I.4.6.1 Description**

Sous chaque corps de turbine BP des quatre groupes, il existe un condenseur. C'est un échangeur de chaleur de type échange par surface. La condensation se fait à partir de contact de la vapeur d'échappement de la turbine BP avec les parois des tubes en titane à l'intérieur du condenseur dans les quelles passe l'eau de mer de refroidissement (voir figure I.16)



Constitution générale d'un condenseur par surface

Figure I.16: Condenseur par surface

I.4.6.2 Caractéristiques

Les principaux caractéristiques du condenseur sont rassemblés dans le tableau suivant (voir tableau I.13).

Tableau I.13 : Caractéristiques d'un condenseur.

Caractéristiques	Valeurs
Pression dans le condenseur	0,07 bar absolu.
Surface d'échange	10101 m ²
Masse de condenseur à vide	258,5tonnes.
Vitesse de l'eau dans les tubes	1,8 m/s.
Débit vapeur	98,25 kg/s.
Débit d'eau de refroidissement	6500 kg/s (eau de mer).
Nombre de tubes	14850
Longueur des tubes	11490 mm
La température de sortie	32,9°C
La pression de sortie	0,05 bars.

I.4.6.3 Rôle et fonctions

Le rôle principal du condenseur est condenser la vapeur d'eau évacuée du corps (BP) de la turbine et de renvoyer l'eau produite dans le circuit eau-vapeur pour faire un nouveau cycle. Pour les fonctions, nous trouvons :

- D'améliorer la chute d'enthalpie de la vapeur.
- Eliminer les gaz contenus dans la vapeur comme l'air.
- Réduit les pertes de la vapeur et exploitée dans un cycle fermé.

La transmission d'eau condensée vers les stations suivantes se fait par une pompe d'extraction.

I.4.7 Pompe d'extraction

I.4.7.1 Description

Dans chaque groupe de production il existe deux pompes d'extraction situées sous le condenseur. Ils assurent le transfert de l'eau du puits ce dernier jusqu'à la bache alimentaire en passant par les intermédiaires des réchauffeurs basse pression et les réfrigérants d'hydrogène.

I.4.7.2 Caractéristiques

Les principales caractéristiques sont rassemblées dans le tableau suivant (voir tableau I.14).

Tableau I.14 : Caractéristiques d'une pompe d'extraction.

Caractéristiques	Valeur
Type de pompe	Centrifuge à 3 étages.
Pression de service (hauteur totale)	16,8 bars.
Pression (hauteur à débit nul)	19,7 bars.
Débit nominale	414 m ³ /h
Puissance	300 KW
tension	6.3 KV

I.4.8 Réfrigérons

Ils sont des échangeurs thermiques servent à l'échange de températures entre deux fluides [KWU 5508]. Le fluide s'écoulant à une température plus élevée (comme : vapeur, air chaud, huile de graissage, hydrogène chaud ...) donne une partie de sa chaleur au second fluide comme (eau, hydrogène..) qui s'écoule à l'intérieur des tubes ayant une température plus faible par le contact entre les parois de ce dernier et le fluide chaud.

Il existe deux types de réfrigérons :

I.4.8.1 Réfrigérons d'hydrogène

Le réfrigérant d'hydrogène sert à refroidir l'hydrogène contenu dans l'alternateur. Il existe quatre réfrigérants d'hydrogène (H₂) (4x25%) qui sont logés horizontalement à l'intérieur de l'enveloppe de ce dernier. Le refroidissement du (H₂) chaud s'effectue par la circulation l'eau froid dans des tubes à ailettes.

I.4.8.2 Réfrigérons d'été (Réfrigérons d'eau d'extraction)

Il existe deux réfrigérons, Ils servent à refroidir l'eau d'extraction venue de condenseur par la pompe d'extraction. Ils utilisent l'eau de mer comme source froide avec un débit de (2x215 m³ /h).

I.4.9 Réchauffeurs

Les Réchauffeurs au contraire des réfrigérons. Ils ont pour fonction de réchauffage d'un fluide comme l'eau d'alimentation de la Chaudière [KWU 5508], ce qui a pour but d'améliorer le rendement total de la Centrale Thermique.

Il existe deux types des réchauffeurs :

I.4.9.1 Réchauffeurs à Base Pression

Son rôle est de réchauffer le condensât lors de son transfert dans la bêche alimentaire. Ils sont alimentés par les soutirages qui viennent du corps BP de la turbine. Le débit dans ces réchauffeurs BP est de (5114,415 kg/s) (voir figure I.17).



Figure I.17: Réchauffeurs BP.

I.4.9.2 Réchauffeurs à haute Pression

Son rôle est de réchauffer l'eau d'alimentation lors de son transfert dans la chaudière. Ils sont alimentés par des soutirages provenant: l'un du corps MP et l'autre du corps HP.

I.4.10 Dégazeur

Il est situé au-dessus de la bêche alimentaire. Son rôle est d'éliminer les gaz des eaux. Il contient une chambre de mélange pour les condensats à dégazer et une plaque de dégazeur et un collecteur horizontal.

I.4.11 Bêche Alimentaire

I.4.11.1 Description

C'est un réservoir cylindrique combiné avec un dégazeur. Son rôle est de réchauffer et conditionner la pression à l'aspiration de la pompe alimentaire. Il reçoit en parallèle l'eau à partir des pompes d'extraction et la vapeur à partir du soutirage (S4) qui vient du corps MP (voir figure I.18).



Figure I.18: Bâche Alimentaire.

I.4.11.2 Caractéristiques

Les principaux caractéristiques sont regroupent dans le tableau suivant (voir tableau I.15)

Tableau I.15 : Caractéristiques d'un Bâche Alimentaire.

Caractéristiques	Valeurs
Température d'entrée	114 C°
Température à la sortie	150-151 C°
Pression	5 bars
Débit	145,34 kg/s
volume total	163 m ³
longueur de la bâche	16.5 m
Diamètre de l'enveloppe	3.6 m

I.4.11 Pompe Alimentaire

I.4.11.1 Description

Dans chaque groupe de production, il y a trois pompes alimentaires de type centrifuge utilisé. Ils situés entre la Bâche Alimentaire et la chaudière. Deux pompes en service, chaque une assure (50%) du débit maximal nécessaire. Le troisième est en réserve.

I.4.11.2 Rôle

La pompe alimentaire sert à refouler l'eau d'alimentation de la Bâche Alimentaire vers la chaudière en passant par les réchauffeurs (HP) du poste d'eau avec une forte pression pour maintenir le niveau de l'eau dans le réservoir de la chaudière entre deux limites bien définies.

I.4.11.3 Caractéristiques

Les principales caractéristiques (voir tableau I.16).

Tableau I.16 : Caractéristique d'une pompe alimentaire.

Caractéristiques	Valeurs
Débit nominale	261,6m ³ /h
Température de l'eau	151,4°C
Pression aspiration	5,6 bars
Pression refoulement	177 bars
Puissance moteur	3 MW
Tension moteur	6.3 KV
Longue totale	8.513 m
Masse	2 T

Brièvement, le principe de fonctionnement est un cycle thermique fermé.

Avant de détailler et expliquer ce cycle, il est sera bon de rappeler les différentes transformations énergétiques qui ont servi à la production de l'énergie électrique. En gros on a trois transformations :

- Transformation de l'énergie stockée dans le combustible (énergie chimique) en énergie calorifique au niveau d la chaudière.
- Transformation de l'énergie calorifique en énergie mécanique au niveau de la turbine.
- Transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique au niveau de l'alternateur.

L'eau froide est aspirée du condenseur et refoulée à la bache alimentaire, et par l'eau traité au niveau des stations passent, elle est comprimée successivement par les pompes basse pression et haute pression et réchauffer par les réchauffeurs HP et BP.

Au moyen de vapeur des soutirages, l'eau d'alimentation en sortant des réchauffeurs HP va évacuer dans la chaudière est particulièrement dans l'économiseur, l'eau se réchauffe par convection par les biais des famées résultant de la chambre de combustion, elle est canalisée ensuite vers le ballon.

A la sortie de l'économiseur, l'eau est encore à l'état liquide, pour avoir de la vapeur, il faut encore la chauffer. Alors, du ballon, elle descend vers les écrans vaporisateurs pars des colonnes d'alimentation.

Au contact de la flamme des huit brûleurs successifs, l'eau devient vapeur et monte naturellement jusqu'au ballon du fait de la différence de densité de l'eau et de la vapeur.

Dans le ballon s'opère une séparation de l'eau et de la vapeur, puis ce dernier est transmise à la surchauffeur par les tubes supports pour l'obtenir un vapeur plus sèche.

A la sortie de surchauffeur final, la vapeur est évacuer vers la turbine pour subir la détente, la vapeur d'échappement en partie détendue est refroidie dans la partie HP de la turbine, est ramenée à la chaudière pour une resurchauffe.

A la sortie des resurchauffeurs la vapeur poursuivent sa détente dans le corps MP puis dans le corps BP sans resurchauffe, la vapeur détendue est dirigé au condenseur.

Les pompes d'extraction aspirent l'eau du puits de ce dernier et la refoulent à travers le réfrigérant d'alternateur, et les trois réchauffeurs basse pression jusqu'à la bêche alimentaire. Dans cette dernière s'effectue le dégazage physique de l'eau d'alimentation par le dégazeur, et alimenter les pompes alimentaire ces qui sont alimentent la chaudière. Et ainsi de suite, un nouveau cycle peut recommencer.

Le schéma thermique dans la page suivant résume tous ces étapes (voir figure I.19)

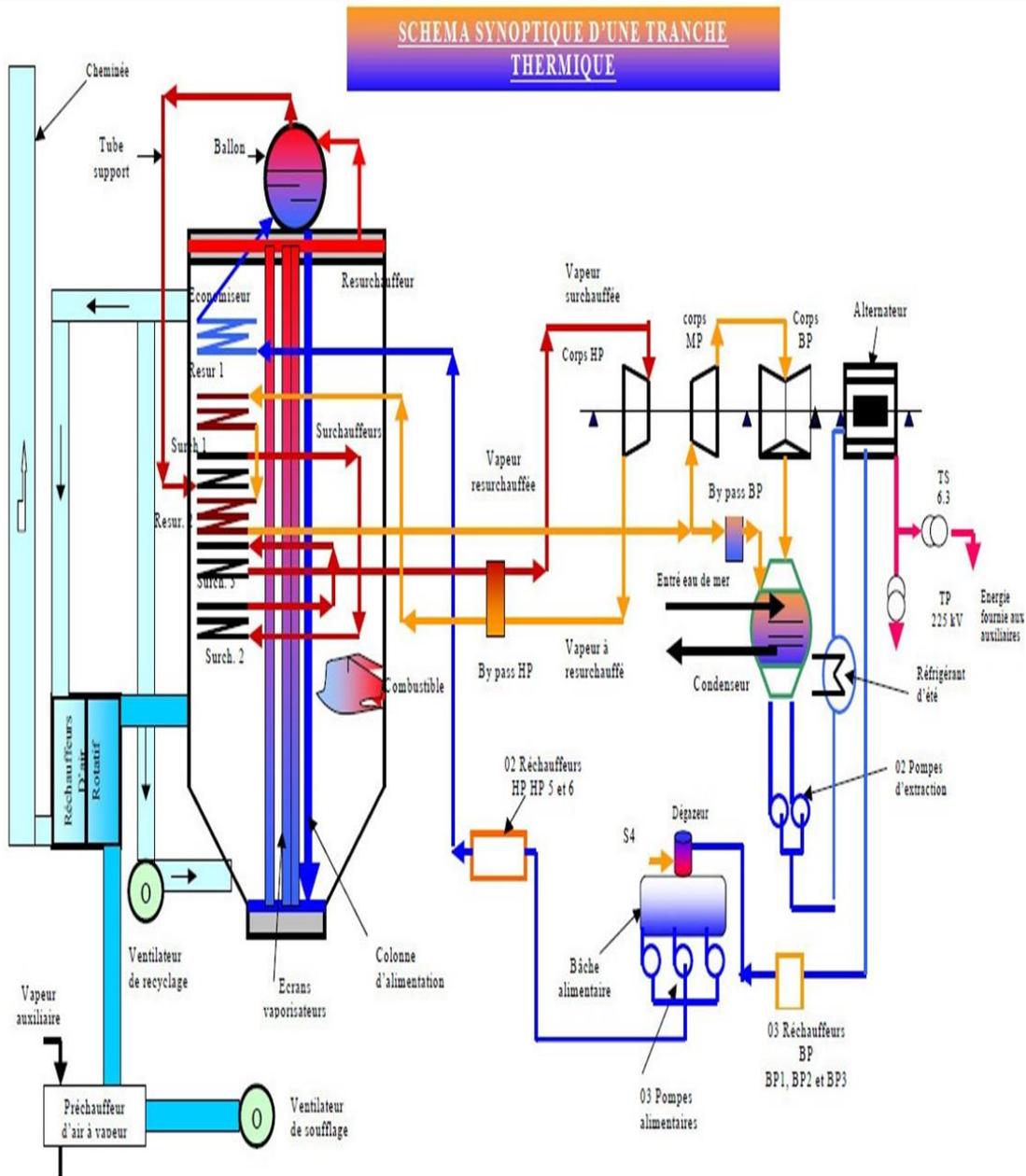


Figure I.19: Schéma thermique d'une tranche de la CTRD.

I.6 Conclusion

La source que la centrale électrique de CAP-DJINIT utilise pour la production d'électricité de l'eau de mer, devant être traitée pour son utilisation.

Afin d'assurer le bon fonctionnement de toutes les machines, l'eau de mer est dessalée et purifiée de toutes les impuretés et du plancton marin, ce descriptif montre que si le central fonctionnait directement à l'eau de mer, il suffirait de 9 heures pour que tous les tuyaux de la centrale soient bouchés.

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 II

Processus de dessalement de la centrale thermique

II.1 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 portera sur la description de l'unité de dessalement de CAP-DJINET et son fonctionnement.

II.2 l'unité de dessalement d'eau de mer

Les besoins journaliers en eau dessalée de la centrale thermique sont de l'ordre de 1100m³.

L'installation comprend quatre unités de dessalement indépendantes fonctionnant selon le principe de la distillation par détentes successives à 18 étages, produisant 500m³ d'eau dessalée par jour chacune, qui sera stockée dans deux réservoir de 2700m³.

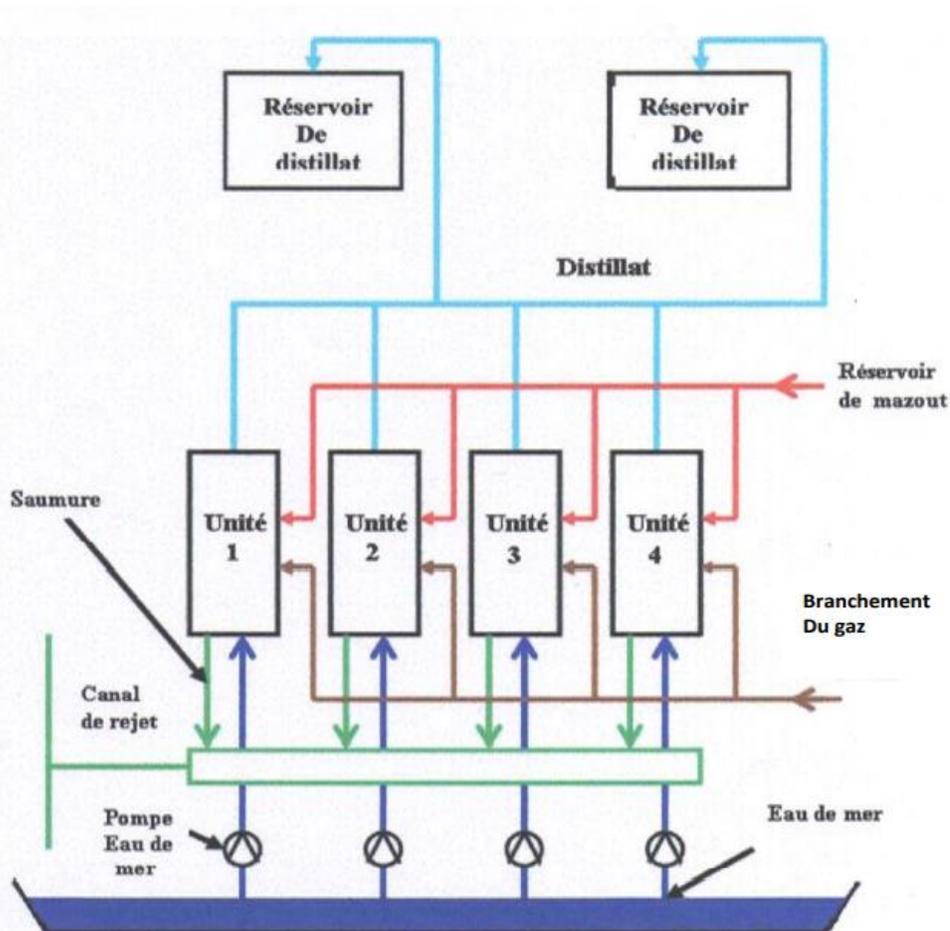


Figure I.1:Schéma simplifié de l'unité de dessalement.

II.3 Prétraitement de l'eau

L'eau de mer subit des prétraitements avant son introduction dans l'unité de dessalement.

II.3.1 Station de pompage

La prise d'eau se trouve à 900 mètre (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.3.2-Filtration de l'eau de mer

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 12500m³/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.

II.4 Description de l'unité de dessalement [1]:

Les conduites suivantes forment l'installation de dessalement :

WB : Buées de condensation	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	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	

II.4.1 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 II. 1 donne certaine caractéristique 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 | <ul style="list-style-type: none"> • Nombre d'étage : 03 • Perte totale de pression : 7.1mbars |
| <p>Réchauffement moyen par étage</p> <p>2.50C</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Température de sortie : 27.510C |
| <ul style="list-style-type: none"> • Taux de salinité : 39.4mg/l | |

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 | <ul style="list-style-type: none"> • Perte totale de pression : 32.7mbars • Température de sortie : 75.40C |
| <p>3.20C</p> | <p>Taux de salinité : 60mg/l</p> <p>Nombre d'étage : 15</p> |

Saumure de détente

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Température d'entrée 83.00C • Pression en premier étage : 0.446 bars | <ul style="list-style-type: none"> • Salinité de la saumure : 65.3mg/l • Température en dernier étage : 27.30C |
| <p>Chute moyenne par étage : 3.10C</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Pression au dernier étage : 0.034bars |
| <ul style="list-style-type: none"> • 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"> • 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 |

II.4.2 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.

II.4.3 La chaudière d'eau chaude (WL12D001)

C'est une chaudière à eau chaude avec une 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.

II.4.4 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 désaéragé fait partie de ce circuit, les gaz dissous dans l'eau sont libérés et évacué 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.

II.4.5-Pompe[1]

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

❖ Pompe de traitement

Pour tous les liquides circulant dans le poste de dessalement en emploie 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.

❖ 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.



Figure II- 2 : Station de pompage



Figure II- 3 : Pompe de circulation

Après ces pompes, sont installés des filtres à dé colmatage par contre-courant (autonettoyant), 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 dé colmatage par contre-courant se met en marche automatiquement.

- ❖ Pompes d'éjection
- ❖ Pompes doseuses

II.4.6 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, aura tendance à mousser lorsqu'elle est traitée en usine de dessalement.

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.

II.4.7 Commande et réglage de l'installation

L'armoire de commande comprend l'équipement de commande et de réglage pour l'ensemble de l'installation.

Concernant 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 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.

II.8-Fonctionnement de l'installation de dessalement :

La pompe d'eau de mer WE11D001 refoule l'eau à travers les clapets WE11S001 et WE11S003, le filtre d'eau de mer WE12B001 et le clapet de retenue WE12S004 au travers des condenseurs des étages 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 conduite WE19 ayant un clapet régulateur WE19S001 qui règle la concentration de la saumure recyclée.

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 WP11B001. L'addition continue de produits chimiques (BELGARD EVN) réduit l'entartrage des tubes.

Les appareillages principaux du système de dosage des produits chimiques sont la soupape de retenue de pression 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 recyclée quittant le dernier étage de l'évaporateur.

Cette saumure de circulation est pompée dans les faisceaux du condenseur des étages de récupération de chaleur (1 à 15) 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 étages, 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 travers 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 conduit WJ11 à la pompe de distillat WJ11D001 qui l'évacue vers les réservoirs de stockages d'eau dessalée (2*2700m³) par la 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'aire 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 désaéragé. 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.

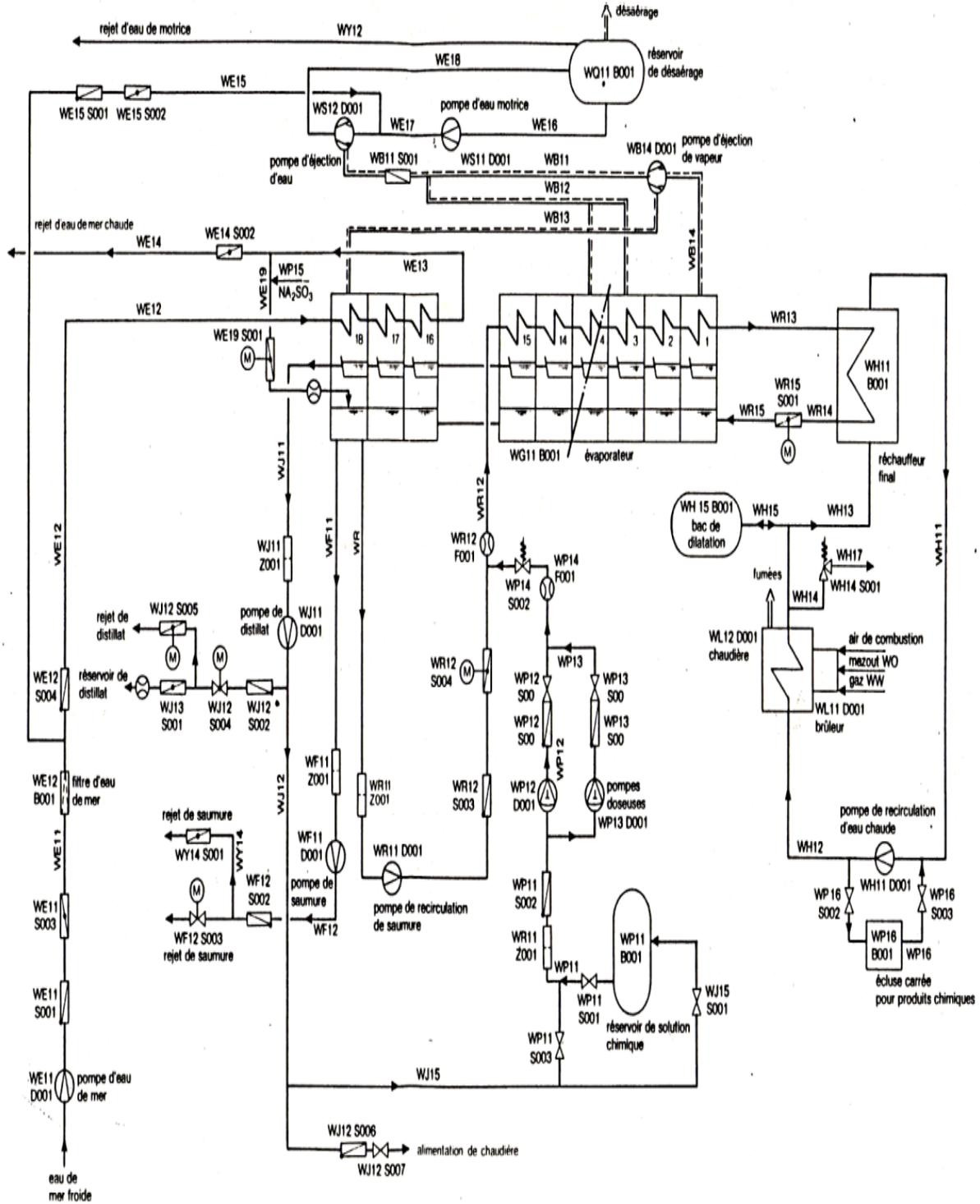


Figure II.4 : Schémas détaillé de l'unité de dessalement [1]

II.5. Contrôle des unités de dessalement

Tableau II : Contrôle des unités de dessalement

échantillon	Mesure	Valeur de consigne limite	Valeur mesurée
Eau de mer	PH	7,5 ÷ 7,8	8,20
	conductivité	60 ms/cm	48,0
Eau de chaudière	PH	9	9,7
	conductivité	1000us /cm	36.0
Distillat	PH	5 ÷ 8	8,30
	conductivité	30us /cm	2,6
	Cuivre	0,15 ppm	0,013
Saumure de recirculation	PH	8	8,30
	conductivité	112 us /cm	80
	TA	/	6 f°
	TAC	/	17,5 f°
Rejet de saumure	PH	8	8,55
	conductivité	120 us /cm	75,5
	Cuivre	0,25 ppm	/
	TA	/	7 f°
	TAC	/	19 f°

II.6. Conclusion

Dans ce chapitre, on a vu les différentes étapes que l'eau de mer subisse dans la centrale de Ras pour obtenir une eau dessalée prête à l'alimentation des chaudières.

Le processus dessalement de l'eau de mer n'affecte pas l'eau, L'environnement ou le sol, Parce qu'avant que l'eau ne soit jetée à la mer, Processus de Régénération de l'eau, Cette processus c'est la dernière étape dans la déminéralisation.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter le principe de fonctionnement du processus de déminéralisation.

Chapitre III

Le principe de
fonctionnement
du processus de
Déminéralisation

III.1. Introduction

L'eau dessalée est produit grâce à un procédé de distillation par détente successive appelé Multi-Flash(MSF).L'eau produite n'est pas à la norme requise est contient encore des sels, ce qui nous amène à l'utilisation de la déminéralisation afin d'éliminer, presque totalement les molécules restantes dans l'eau.

La déminéralisation consiste à faire passer l'eau dessalée à travers un filtre de résine d'échange ionique, cationique forte et anionique forte, mais avec le temps la capacité de cette résine diminue, par conséquence le cycle de vie de la résine diminue d'où la nécessité de faire une régénération.

Notre tâche dans ce chapitre consiste donc à étudier le procédé de régénération ainsi que ces caractéristiques afin de pouvoir améliorer ce procédé.

III.2. Description de la déminéralisation

La déminéralisation est une technique, très largement utilisé, pour l'obtention de l'eau traitée à partir d'une eau caractérisée par leurs concentrations en sels dissous.

Donc c'est un procédé d'épuration de l'eau destiné à éliminer partiellement ou totalement les sels. Elle s'effectue en particulier par échange d'ions.

Le traitement par échange d'ions consiste à fixer les ions en liberté sur des corps doués de propriétés particulières que l'on s'appelle <<échangeurs d'ions>> ou permutation. Ce dernier permet d'obtenir des eaux de très haute pureté caractérisées par leur très faible conductivité.

III.2.1 Principe de la déminéralisation

L'échange d'ions est un procédé dans lequel les ions d'une certaine charge contenus dans une solution (ex : cations) sont éliminés de cette solutions par adsorption sur un matériau solide (résine échangeuse d'ions). Pour être remplacés par une quantité équivalente d'autres ions de même charge émis par le solide.

III.2.2 But de l'opération déminéralisation

Le but de déminéralisation est d'avoir l'eau pur de conductivité électrique inférieure à 0.1 $\mu\text{s/cm}$ et la teneur en acide Si O₂ inférieure à 0.02mg/L.

La station de déminéralisation contient deux filtre à lits mélangés avec une capacité de 40m³/h chacun, qui fonctionnent en mode alterné.

L'eau produit par la station, arrive tout d'abord dans les réservoirs de 1500m³ chacun ensuite sera envoyé vers la chaudière, pour alimenter le circuit eau-vapeur.

III.3. constitution de la station de déminéralisation

- 3 pompes pour l'eau dessalée : une pompe assure 100 de production, la deuxième pompe à l'arrêt et la troisième en réserve (UA10 D001, UA11D001, UA12 D001).
- 2 filtres à lits mélangés :(UA12B001, UA11B001)
- 2 réservoirs de stockage de l'acide chlorhydrique (HCl) : (UA41B001, UA42B001).
- 2 pompes de remplissage de l'acide chlorhydrique : (UA34D001, UA35D001)
- 2 pompes d'injections (doseuses) de l'acide chlorhydriques : (UA44D001, UA45D001).
- 1réservoir de stockage pour la lessive de soude (UA33B001).
- Station de dissolution de la lessive de soude (NaOH)
- 2 pompes de remplissage de lessive de soude (NaOH) :(UA31B001, UA32B001).
- 2 pompes d'injections (doseuses) de la lessive de soude (UA34D001, UA35D001)
- 2 Pompes de l'eau de régénération : (UA24D001, UA25D001).
- Equipement pour le bassin de neutralisation.
- Pompes de circulation et d'évacuation.
- Soufflantes à air mixte pour la neutralisation
- 2 Soufflantes à air mixte : (UA51D001, UA52D001).
- Armoire de commande
- Appareils de mesures.

III.4. Description et caractérisation du filtre à lits mélangés

Un filtre à lit mélangé est constitué principalement des résines cationiques et des résine anionique.

Les résines cationiques fixent les cations (Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺) en libérant les ions H⁺ pour lesquels elles ont une affinité plus faible ; la fixation a lieu tant qu'il subsiste des ions H⁺ à échanger.

Les résines anioniques fixent les anions (Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃²⁻) en libérant les ions OH⁻ pour lesquels elles ont une affinité plus faible ; la fixation a lieu tant qu'il subsiste des ions OH⁻ à échanger.

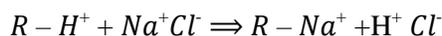
Lorsqu'une résine ne peut plus fixer d'ions, elle est saturée : il faut alors la régénérer. La régénération en ions H⁺ de la résine cationique se fait par injection à contre-courant d'acide chlorhydrique(HCL), celle de la résine anionique se fait par injection de soude(NaOH).

Les filtres à lits mélangés sont équipés de robinetteries et des électrovannes commandées pneumatiquement pour le service automatique et génération automatique.

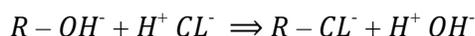
- Les réactions d'échanges d'ions :

Pour simplifier, nous utiliserons la lettre R pour désigner la résine :

Echange cationique : la résine est fortement acide.



Cette réaction est utilisée comme première étape de la déminéralisation de l'eau. — Echange anionique : la résine est fortement basique



Cet échange a lieu après un échange cationique pour compléter le processus de déminéralisation.

La figure ci-dessous montre les deux filtres à lit mélangés :



Figure III.1 : filtres à lits mélangés

III.5. La régénération

La régénération consiste à effectuer un rinçage des résines anioniques et cationiques, par deux solutions :

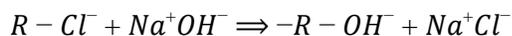
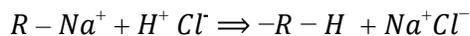
- HCL : solution concentrée à 5%.
- NaOH : solution concentrée à 5%.

La régénération permet une réactivation des résines saturées par le Na^+ et Cl^- leur réactions, sont nulles et à la sortie des lits mélanges la conductivité est importante, et l'eau est de mauvaise qualité qu'elle ne doit pas être utilisée pour les besoins de la centrale et surtout l'alimentation du générateur de vapeur.

Les indices suivants permettent de déceler si la régénération est nécessaire :

1. Si la conductivité à la sortie des lits mélangés est supérieure à $> 0.1 \mu\text{S}/\text{cm}$
2. Si la silice SiO_2 (Dioxyde de silicium) est $> 0,02 \text{ mg/l}$.
3. Si la différence de pression entre l'entrée et la sortie des lits mélangés est $> 1.5 \text{ bar}$
4. Après un fonctionnement continu de 4 semaines

Les réactions de régénération



III.5.1. Les étapes de la régénération [1]

La régénération s'effectue en 10 étapes et de la façon suivante (chacune de ces étapes est décrite dans l'annexe A) :

1ere Etape : Lavage à contre-courant et séparation des résines

La première étape consiste à effectuer la séparation des résines.

Par l'intermédiaire de l'eau brute qui est introduite par le point bas, donc un dé tassage et une séparation, les robinetteries S008 et S017 sont ouvertes et la pompe pour l'eau brute respective est en service, l'eau ressort par la partie supérieure.

Par la différence de poids spécifiques les résines cationiques plus denses retournent dans le bas du réservoir. Les résines anioniques plus légères occupent la partie supérieure. Cette opération dure 20 mn.

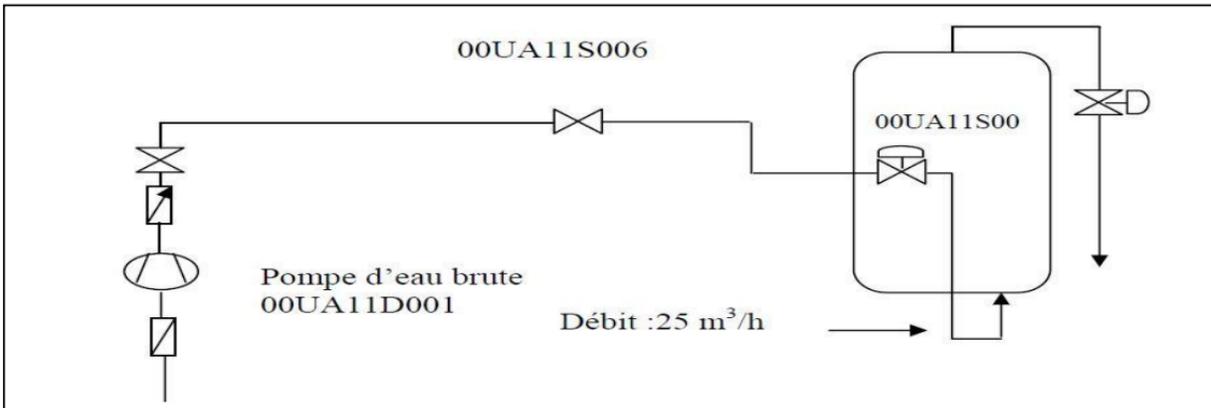


Figure III.2. Lavage à contre-courant et séparation des résines

Le débit de 25 m³/h est limité pour éviter que les résines soient entraînées plus haut que le hublot supérieur.

2ème Etape : Pause

Arrêt de l'arrivée de l'eau brute donc de la pompe d'eau brute, UA11D001 de façon que les résines soient séparées au repos. Cette opération dure 5 mn.

Par l'intermédiaire des hublots un contrôle visuel permet de différencier les résines de couleurs différentes si elles sont bien séparées.

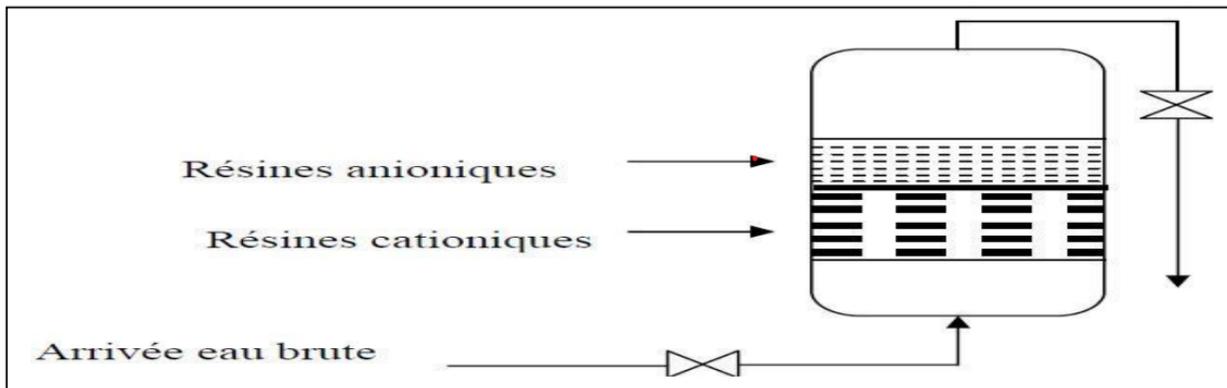


Figure III.3. Arrêt de l'arrivée de l'eau

Etape 03+04:

Cette étape consiste au remplissage d'acide HCL et de la soude caustique NAOH, on doit effectuer ces deux étapes en même temps.

L'opération de remplissage acide dure 30mn et même durée pour le remplissage de soude (durée 30mn.).

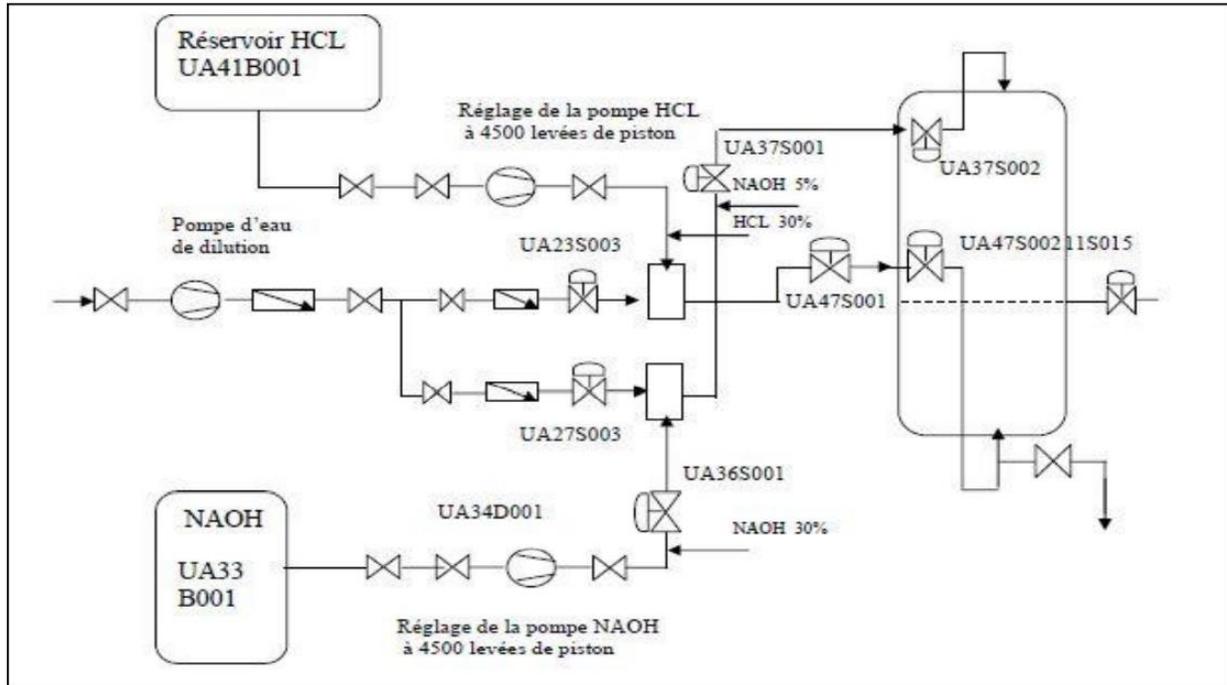


Figure III.4. L'opération de remplissage acide et de soude

***Etape03a+04a : Remplissage de l'acide chlorhydrique**

La solution Hcl passe à travers la couche des résines cationiques d'en bas vers le haut et s'écoule pas le tuyau de distribution.

Les robinetteries UA11S015(UA12S015) et UA47S001(UA48S001) UA11S002(UA12S002) sont ouvertes.

L'acide chlorhydrique à 30 % des réservoirs de stockage UA41B001.UA42B001 est dilué, à l'aide des pompes doseuses UA44D001. UA45D001 et avec l'eau à une solution de 5%.

La quantité de l'eau de dilution est réglée sur le débitmètre UA28 (I, AC) F001, de même qu'avec la robinetterie UA28S003.

Si le passage de l'eau est trop petit, l'alarme est déclenchée par contant limite et la pompe doseuse UA44D001, UA45D001 est arrêté, la robinetterie UA28S003 reste toujours ouverte est sert seulement comme arrêt manuelle.

Pour l'ajustement de cette étape il faut respecter les données suivantes :

Capacité de la pompe doseuse 6700L/h

Quantité d'eau de dilution 3850L/h.

Une fois que l'acide est introduit les pompes doseuses de HCL et NAOH s'arrêtent automatiquement .La pompe d'eau de dilution reste en service pour effectuer, le lavage des résines pour lever le HCL (Après 30 minutes on arrête les pompes doseuses et on ferme la robinetterie UA45S003. Le lavage de l'acide commence, il dure à peu près 80min, en suite on ferme les robinetteries UA28S003, UA47S001 et UA48S001, et on ouvre la robinetterie UA47S003 et UA48S003).

***Etape03b+04b : Remplissage de la lessive soude**

La solution NaOH passe à travers la couche des résines anioniques du haut vers le bas et s'écoule par le tuyau de distribution.

Les robinetteries UA11(12) S015, UA37(38) S001, et UA37s002 sont ouvertes. La lessive de soude de 30% du réservoir de stockage UA33B001 est diluée, à l'aide des pompes doseuses UA34D001, UA35D001 et avec l'eau à une solution de 5%, la quantité de l'eau de dilution est réglée par le débitmètre UA27 (I, AL) F001, de même pour la robinetterie UA27S003.

Si le passage d'eau est trop petit, une alarme est déclenchée par un contact limite et la pompe doseuse UA34D001est arrêtée même que la pompe UA35D001.

Une fois que la soude caustique est introduit, les pompes doseuses de NAOH s'arrêtent automatiquement.

La pompe d'eau de dilution reste en service pour effectuer, le lavage des résines pour lever le NAOH Cette opération dure 80 mn.(Après 30 minutes on arrête les pompes doseuses et on ferme la robinetterie UA36S001.

Le lavage de lessive de la couche échangeuse anionique commence ; il dure à peu près 40min, Ensuite les robinetteries UA37(38) S003 s'ouvre (soupape de sureté contre les produits chimiques).

5 ème Etape : pause

Avant de passer à l'étape suivante c'est à dire l'étape N°6, une pause de 30 secondes est nécessaire, pour arrêter complètement l'opération de lavage des résines.

6 ème Etape : Abaissement

L'étape N° 6 consiste à stabiliser le niveau à l'intérieur du filtre à lit mélangé.

Cette opération dure 30 mn. Le niveau d'eau doit diminuer pour se stabiliser à10 cm au-dessus des résines.

On contrôle le niveau visuellement par les hublots.

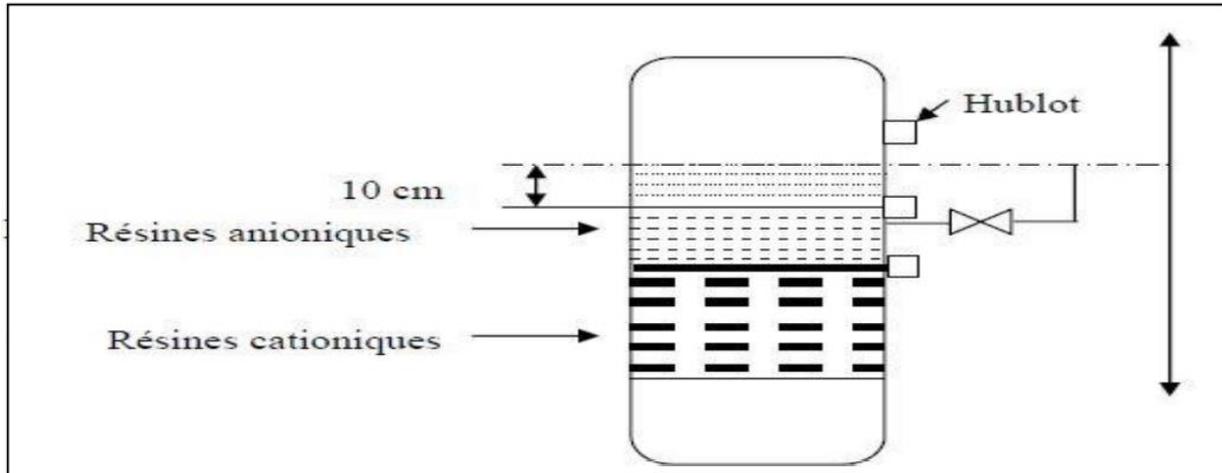


Figure III.5. Les hublots

7^{ème} Etape : Mélange

La 7^{ème} étape consiste à une reconstitution du mélange des résines, l'air fournit par le compresseur est introduit par le bas lits mélangés et ressort par la partie Supérieure.

Il faut surveiller cette opération, car on risque de détruire les résines par éclatement, si cela s'avère nécessaire il faut minimiser le temps d'injection d'air. Cette opération dure 10 Mn.

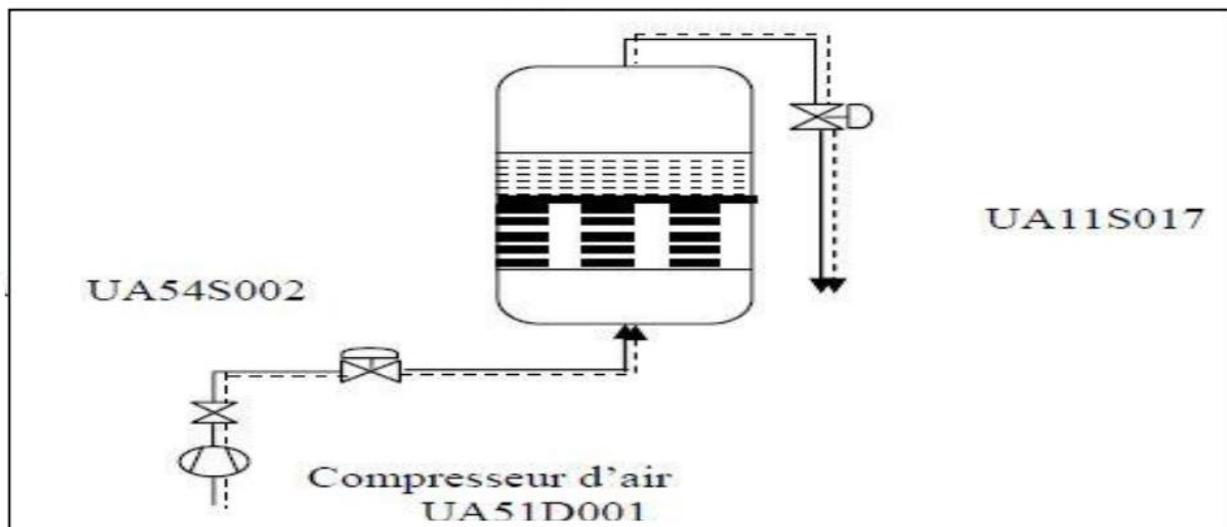


Figure III.6. Mélange des résines

Lors de cette opération le volume à l'intérieur du filtre mélange augmente. Avec l'apport d'air pour reconstituer le mélange des résines.

8^{ème} Etape : Remplissage

Cette opération consiste à remplir l'espace vide du réservoir des lits mélangés jusqu'au ce que l'eau sorte par le point haut.

Cette opération dure pendant 5 mn.

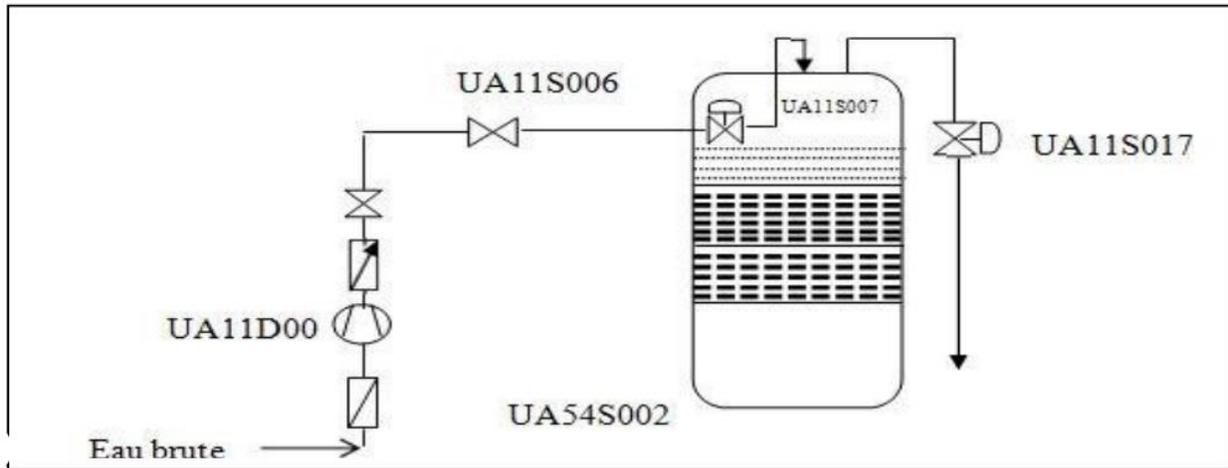


Figure III.7. Replier l'espace vide

9^{ème} Etape : Rodage

Cette opération consiste à effectuer une recirculation pour le lavage des résines.

Cette étape dure 120 mn.

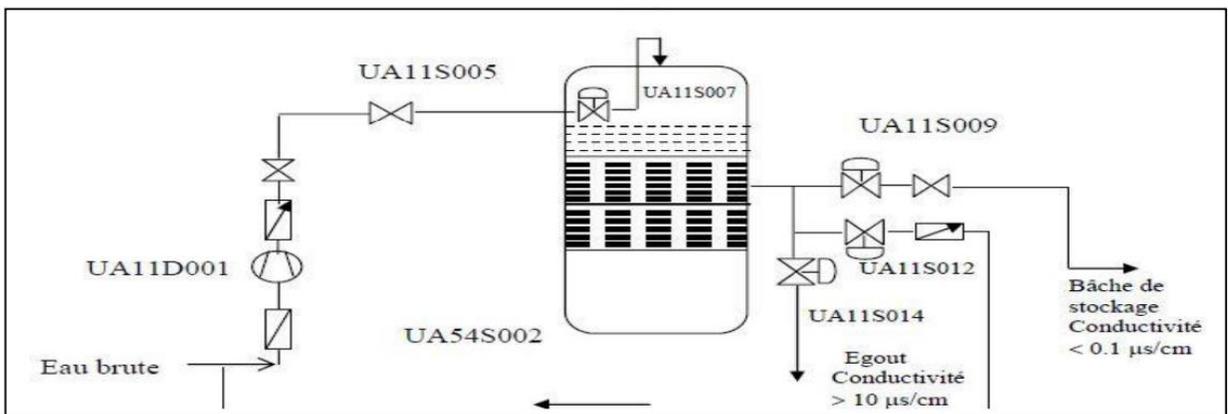


Figure III.8. Rodage

- Si la conductivité est $> 10 \mu\text{S/cm}$ l'eau est dirigée vers l'égout.
- Si la conductivité est $< 10 \mu\text{S/cm}$ la recirculation est maintenue pendant 120 mn.
- Si la conductivité est $< 0.1 \mu\text{S/cm}$ l'eau déminée est dirigée vers les bâches de stockage 1500 m^3 .

Si après 120 mn la conductivité de $< 0.1 \mu\text{S/cm}$ n'est pas atteinte, une alarme apparaît, il est donc nécessaire de chercher les raisons, qui peuvent être dues à une mauvaise séparation des résines, ou un mauvais lavage donc présence de HCL et NAOH.

Il faut refaire le lavage par recirculation en mettant l'installation en service, la régénération s'arrête automatiquement, la recirculation peut durer plusieurs heures 3 à 5 avant d'obtenir une conductivité de 0.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Une fois la conductivité voulue est atteinte la commutation des soupapes recirculation stockage se fait automatiquement et l'installation est en production normale. Même pendant la mise en service normale la recirculation s'ouvre par mesure de sécurité pour le contrôle de la conductivité.

10 ème Etape : neutralisation

La dixième étape consiste à effectuer une neutralisation des produits chimiques ayants servis à la régénération des lits mélanges tels que l'acide HCL et la soude caustique.

L'acide et la soude caustique, peuvent causer des dommages sur l'installation de rejet (détérioration des canalisations) ainsi que la pollution sur l'environnement. C'est pour cela lors du rejet le PH doit être de 7 à 8.

- Le capteur de niveau bas sert à la protection de la pompe de recirculation.
- Le capteur de niveau très haut donne une alarme en S, D.C et met la

Neutralisation en service automatique.

- La pompe de recirculation reste pendant 20 mn avant toute injection, afin d'avoir un mélange homogène, et une mesure de PH correct, après 20 mn, si le PH est bas, il y a injection de NAOH s'il est supérieur à 7 Injection de HCL.
- Le capteur de niveau haut permet à l'opérateur de disposer la neutralisation en manuel.

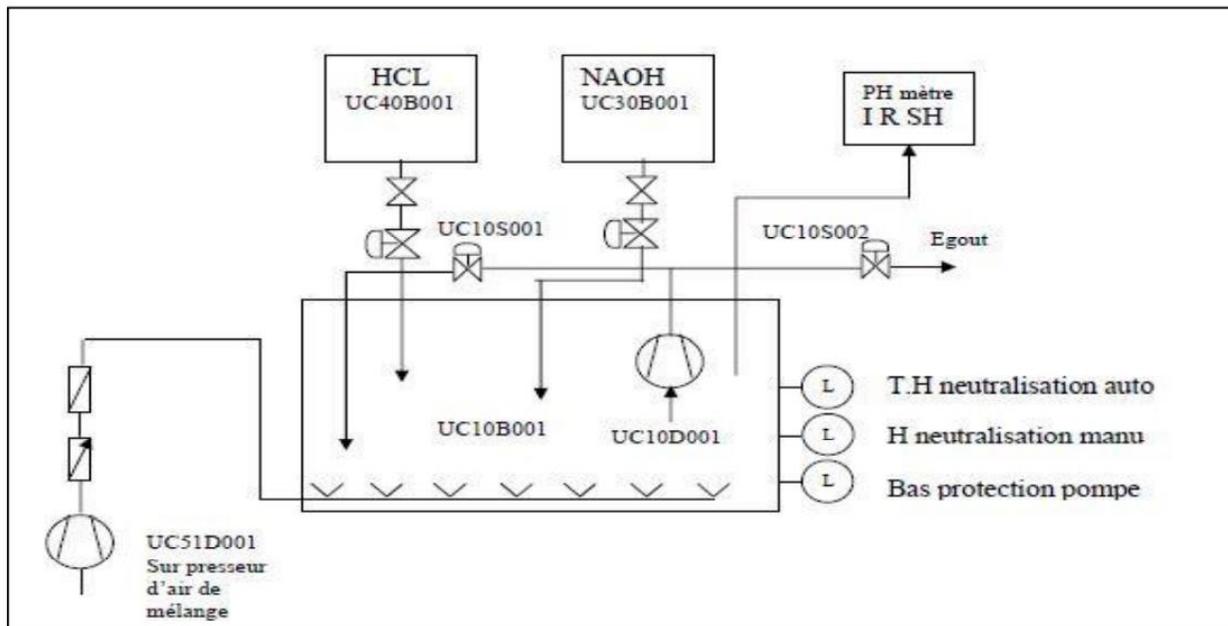


Figure III.9 .neutralisation des produits chimiques

III.5.2 Description du fonctionnement de procédé de régénération

Ce fonctionnement est décrit dans l'annexe A.

La station de déminéralisation est composée de deux filtres à lits mélangés : UA11B001 et UA12B001, un filtre en service (assure 100% de production) et l'autre en réserve.

La pompe UA11D001 aspire l'eau dessalée des réservoirs 00WJ40B001 et 00wj40b002, puis la font passer dans le filtre à lits mélangés à travers la vanne régulatrice UA11S007 (UA12S007 pour le filtres UA12B00A), qui règle le niveau d'eau dans le filtre.

L'eau à déminéraliser s'écoule de haute en bas à travers les résines cationique et anionique, ensuite l'eau déminéralisée sera envoyée vers les deux réservoirs de stockage 34UD10001 et 12UD10B001 à travers la vanne UA12S009 (la vanne UA11S009 pour le filtre UA11B001).

Une fois les résines sont saturées par le Na^+ et Cl^- leur réactions, sont nulles et à la sortie des lits mélanges la conductivité est importante, et dépasse $0.1 \mu\text{S}/\text{cm}$, la vanne UA11S007 (la vanne UA12S007 pour le filtre UA12B001) se ferme donc il y a lieu au procédé de régénération.

La régénération des résines s'effectue avec l'acide chlorhydrique (HCL) et la lessive de soude (NaOH)

L'acide chlorhydrique en 30% de concentration est stocké dans deux réservoirs :

UA41B001 et UA42B001, la quantité nécessaire pour la régénération, est transporté par des pompes d'injection (doseuses) UA44D001 et UA45D001 et diluée avec l'eau déminéralisée qui transportée par les pompes UA24D001 et UA25D001 afin d'avoir une solution de HCl de 5% de concentration, cette dernière passe à travers la couche des résines cationiques d'en bas vers le haut.

La lessive de soude (NaOH) en 30% de concentration est stockée dans le réservoir UA33B001,

la quantité nécessaire pour la régénération est transportée par les pompes doseuses UA34D001, et UA35D001, et ensuite dilué avec l'eau déminéralisée pour avoir une solution de NaOH 5% de concentration qui passe à travers la couche des résines anioniques d'en haut vers le bas.

Les résines anioniques et cationiques séparées sont mêlées par l'air comprimé fournit par les soufflantes d'air UA51D001, UA52D001, la vanne UA54S002 même que UA11S017 est ouverte. (Les vannes UA55S002 et UA12S017 pour le filtre UA12B001). L'air fournit est introduit par le bas de filtre UA11B001 et ressort par la partie supérieur.

L'espace vide dans le filtre est rempli par l'eau brute jusqu'à ce que l'eau sorte à la conduite d'évacuation, donc la pompe UA11D001 (la pompe UA12D001 pour le filtre UA12B001) est en service est les vannes UA11S007 et UA11S017

(Les pompes UA12D007 et UA12S017 pour le filtre UA12B001) sont ouvertes.

Pour permettre le lavage des résines, une recirculation d'eau brute est effectuée toute en mesurant la conductivité de l'eau sortant du filtre :

- Si la conductivité est $> 10 \mu\text{S}/\text{cm}$ l'eau est dirigée vers l'égout.
- Si la conductivité est comprise entre 0.1 à $10 \mu\text{S}/\text{cm}$, les vannes UA11S007 et UA11S014 sont ouverte de même que la pompe pour l'eau brute est en service .une fois la conductivité est à $10 \mu\text{S}/\text{cm}$ la vanne UA11S014 se ferme et la vanne UA11S012 s'ouvert et on rode jusqu'à une

conductivité inférieure à 0.1µS/cm, La recirculation dure 120 mn (Si après 120 mn la conductivité de <0.1 µS /cm n'est pas atteinte, une alarme apparaît).

Une fois la recirculation est achevé la régénération est fini le filtre passe en ordre de production (filtre en service).

L'évacuation des eaux usées est soumise à une neutralisation des produits chimiques ayants servis à la régénération des lits mélanges tels que l'acide HCL et la soude caustique. Ces eaux seront rassemblées pour l'équilibrage de la concentration de PH dans le bassin de neutralisation UC10B001.

III.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons donné une description et fonctionnement de la station de déminéralisation ainsi que les aspects liés au déroulement de la régénération des filtres à lits mélangés.

La déminéralisation sur résine est une technologie de pétrification de l'eau qui élimine les ions dessus de l'eau et les remplace e d'autre ions recharge électrique identique ou similaire Pour produit une eau pure.

Dans ce procès le déchet que jeter dans l'eau de mer elle négligeable Parce que elle est traité, Cela n'affecte pas l'environnement.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter description et mode de fonctionnement du générateur de vapeur (chaudière).

Chapitre IV

Générateur de vapeur

[La chaudière]

IV.1. Introduction

La vapeur d'eau est utilisée dans la production d'énergie et dans de nombreux procédés industriels.

Les principaux composants d'une tranche de production sont :

1. la Chaudière
2. La turbine
3. L'alternateur

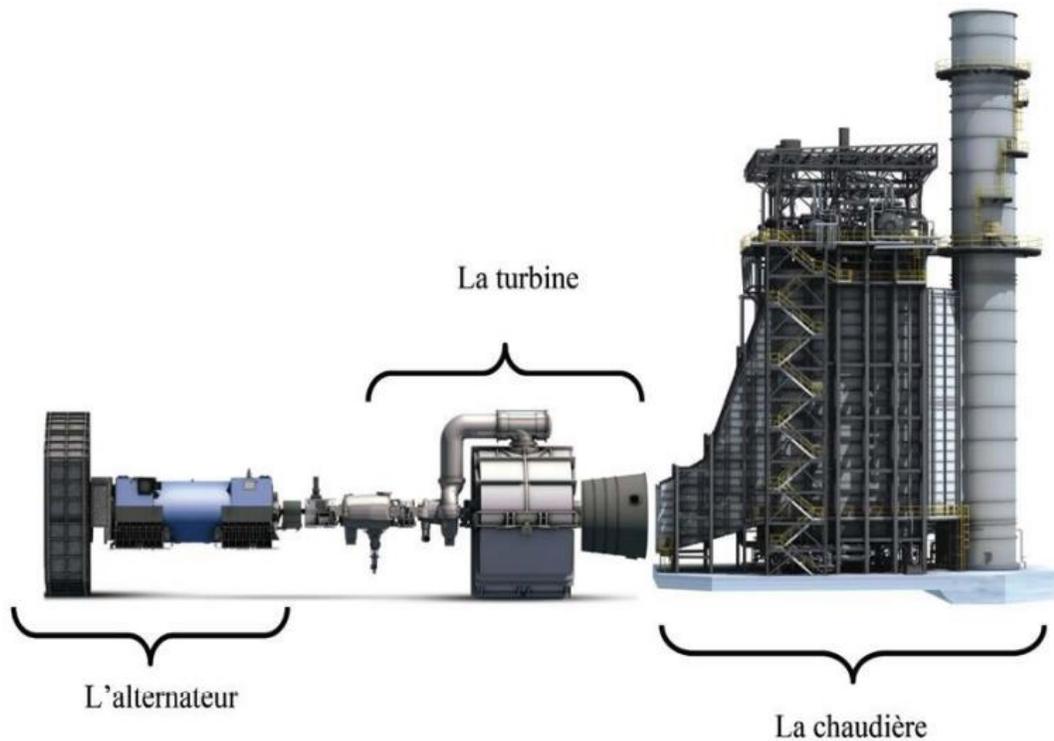


Figure IV.1.les composants d'une tranche de production

La production d'électricité dépend en grande partie de la production de vapeur générée par la chaleur produite soit à partir du charbon, du gaz, ou par fission nucléaire de l'uranium.

Pour produire de la vapeur, il est nécessaire de chauffer l'eau à son point d'ébullition puis de fournir une quantité suffisante de chaleur pour changer l'eau bouillante en vapeur. Les techniques de production et d'utilisation de la vapeur font donc appel à d'importants aspects de la technologie de l'ingénierie. Le générateur de vapeur est l'un des moyens utilisés pour produire de la vapeur.

IV.2. Historique

L'idée d'utiliser la vapeur comme force motrice remonte au 1er siècle après JC avec l'invention de l'éolipile qu'est une sphère remplie d'eau chauffée à ébullition pour démontrer la force motrice de la vapeur et ceci par le mathématicien Grec Héron d'Alexandrie.

La chaudière trouve alors son origine qui remonte à la plus haute antiquité.

En effet, depuis que l'homme a découvert le mode de vie qui consiste à faire bouillir ses aliments, il a ainsi amorcé la mise au point d'une chaudière. Mais il a fallu attendre jusqu'à la fin du 17ème siècle pour voir apparaître la « Marmite de Papin », considérée comme la première véritable application industrielle de la chaudière. Elle fut ensuite très tôt suivie de la première tentative d'application de la force motrice de la vapeur à la navigation.

Une réalisation remarquable en France fut alors le fardier en 1769 mis au point par l'Ingénieur militaire CUGNOT ; il s'agit de la première machine à vapeur en rotation. Des améliorations successives, surtout à partir de 1828, vont conduire à la mise au point de la première chaudière tubulaire en Grande Bretagne. Mais auparavant, James Watt, qui fut l'un des premiers ingénieurs à parvenir aux propriétés thermodynamiques de la vapeur d'eau, va inciter à la perfection notamment avec la mise au point et l'application d'autres échangeurs de chaleurs tels que la surchauffeur et l'économiseur. Bien que ces types de systèmes montrent l'ingéniosité de leurs auteurs, Il a fallu attendre l'arrivée du monde industriel moderne, en particulier l'exploitation intensive des ressources énergétiques, le développement de l'industrie chimique pour accélérer les études théoriques et expérimentales sur les phénomènes d'écoulement diphasique et l'ébullition. Au XIXe siècle, la chaudière comportait deux parties distinctes : le foyer et le bouilleur, le premier entièrement garni de réfractaires assurant la combustion (en général de charbon) et la production de chaleur, le second utilisant cette chaleur pour créer de la vapeur dans un récipient suffisamment étanche, capable de résister à la pression. Ensuite, l'imbrication progressive d'éléments ou de tubes vaporisateurs au-dessus, puis autour du foyer, a permis d'obtenir des échanges de chaleur par rayonnement direct et de rendre plus compact cet ensemble, pour arriver, grâce aussi à l'adoption de construction en tube d'acier soudés bout à bout, à placer le foyer à l'intérieur de parois vaporisatrices. Ces améliorations ont permis d'accroître la puissance unitaire des chaudières dont le nombre n'est plus imposé comme autrefois par une limite de capacité (batterie de chaudière dans un bateau ou dans une ancienne chaufferie).

A la même époque avec l'utilisation de la vapeur comme force motrice par l'intermédiaire de machines à pistons (fixes ou mobiles-locomotives) et de turbines à vapeur ce sont affinées les notions de thermodynamique et de recherche d'amélioration du rendement des cycles énergétiques ; c'est ainsi que sont apparues, comme éléments favorables, l'augmentation de la pression et l'utilisation de vapeur surchauffée en place de vapeur saturée.

Ces développements successifs ont contribué à rendre de plus en plus élaborée la conception des chaudières.[5]

IV.3. Définition et rôle d'un générateur de vapeur

Le générateur de vapeur est un dispositif permettant de chauffer l'eau et de produire de la vapeur, son rôle est essentiellement de transmettre de l'énergie apparaissant sous forme de chaleur (avec ou sans combustion) à de l'eau sous pression pour obtenir soit de l'eau surchauffée sous pression, soit de la vapeur ou un fluide à l'état supercritique venant de la vapeur par détente. De plus, les chaudières à

vapeur de grande puissance sont en général associées à une turbine à vapeur pour produire de l'énergie électrique.

Les sources de chaleur envisagées proviennent soit de la combustion de produits fossiles tels que charbon, pétrole, gaz naturel, soit de la combustion de sous-produits tels que fuel, gaz de raffinerie, de gazogènes, de four à cokes, soit de la combustion de déchets tels que bois, écorces, ordures ménagères ainsi que de liqueur noire intégrée dans un cycle de génération de produits utilisés dans les papeteries, soit encore des récupérations de chaleur pure en aval de turbines à gaz ou en aval de procédés chimiques. [4]

IV.1.4. Classification des générateurs de vapeur

Le générateur de vapeur est un dispositif permettant de chauffer l'eau et de produire de la vapeur.

Les générateurs de vapeur peuvent être classés selon divers paramètres : de conception, du mode de circulation, du support et du mode d'emploi.

Selon la conception :

Deux types de générateurs sont disponibles :

Générateurs de vapeur à tubes de fumée.

Générateurs de vapeur à tubes d'eau

▪ Générateurs de vapeur à tubes de fumée :

Ce sont des générateurs de vapeur où les gaz de combustion passent à l'intérieur de tubes submergés dans l'eau. Cette technologie est bien adaptée à la fourniture de vapeur saturée sous faibles pressions (<15 bars).

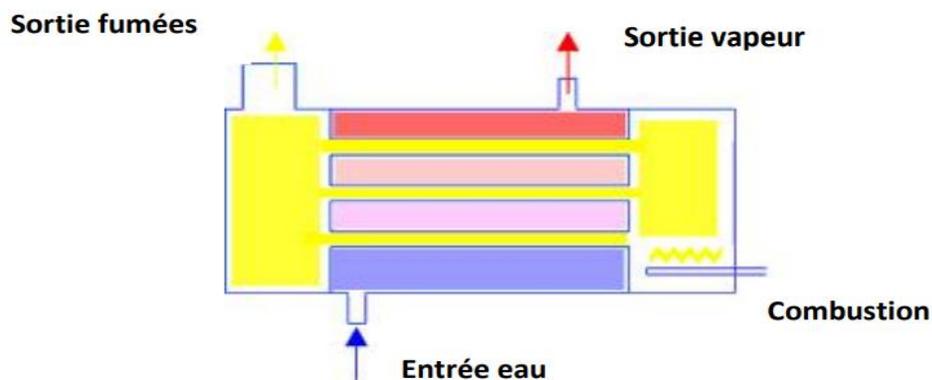


Figure IV.2 : Principe d'un générateur de vapeur à tubes de fumée.

▪ Générateurs de vapeur à tubes d'eau :

Ce sont des générateurs de vapeur dans lesquels l'eau circule dans les tubes qui sont chauffés extérieurement par les gaz de combustion. Ils représentent la grande majorité des générateurs de vapeur en service et sont bien adaptés pour générer de la vapeur surchauffée à moyenne et forte pression.

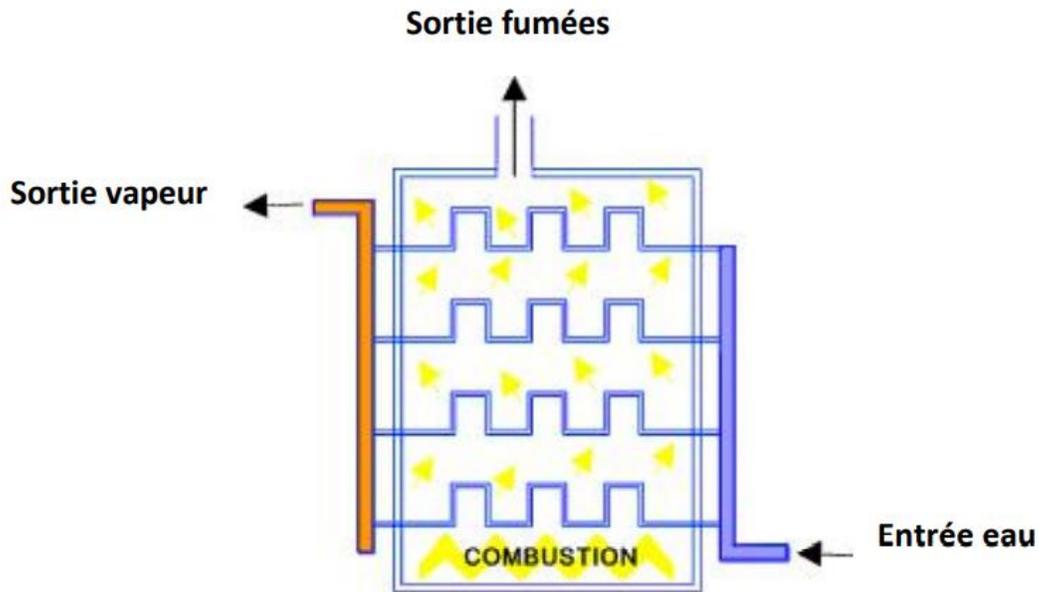


Figure IV.3 : Principe d'un générateur de vapeur à tubes d'eau

Selon les modes de circulation :

La circulation a deux objectifs principaux qui sont d'assurer le refroidissement correct des tubes situés dans les zones les plus chaudes et de générer de la vapeur saturée.

Pour cela on distingue deux types de générateurs :

Générateurs de vapeur à circulation naturelle.

Générateurs de vapeur à circulation forcée.

- **Générateurs de vapeur à circulation naturelle :**

La circulation de l'émulsion est dite naturelle, lorsque elle s'établit d'elle-même dans les circuits de la chaudière, et ceci est dû au fait que la masse volumique de la vapeur d'eau soit plus faible que celle de l'eau liquide.

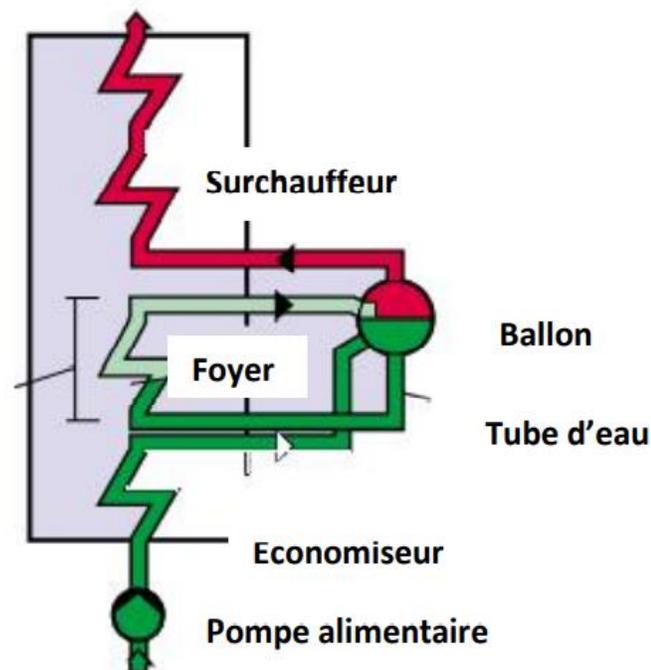


Figure IV.4 : Principe de la circulation naturelle.

- **Générateur de vapeur à circulation forcée :**

La circulation de l'eau dans ce type de chaudière est assurée par les pompes alimentaires dont la hauteur de refoulement est déterminée en tenant compte de la perte de charge totale des circuits évaporateur et surchauffeurs.

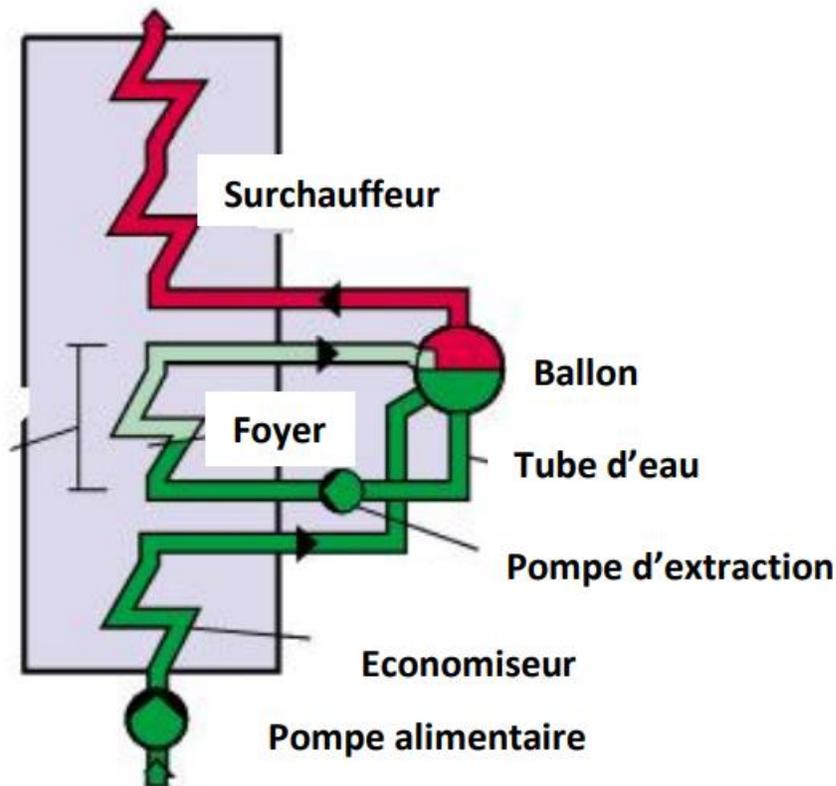


Figure IV.5 : Principe de la circulation forcée

Selon le support :

Deux catégories de générateurs sont disponibles :

- Générateurs de vapeur suspendus.
- Générateurs de vapeur posés.
- Selon le mode d'emploi :

On distingue deux types de générateurs :

- Générateur de vapeur fixe.
- Générateur de vapeur mobile.

IV.1.5. Description du générateur de vapeur de la centrale de Cap Djinet

La chaudière de la centrale thermique de Cap Djinet est de type à circulation naturelle et ses caractéristiques sont les suivantes :

Tableau IV.1 : Paramètres du générateur de vapeur

Paramètres thermo hydrauliques	Valeurs	Unités
Capacité de vaporisation maximale	530	t/h
Pression à la sortie des surchauffeurs	154	bars
Température de la vapeur surchauffée	540	°C
Pression à la sortie du resurchauffeur	35 à 37	bars
Température de vapeur resurchauffée	540	°C
Température maximale de l'eau d'alimentation	246	°C

Elle est principalement constituée :

- De l'économiseur.
- Du ballon.
- Des colonnes de descentes.
- De la chambre de combustion formée par les tubes écrans.
- De surchauffeurs et resurchauffeurs.
- Des brûleurs.

Voici ci-après un plan d'une chaudière qui représente ses différents constituants.

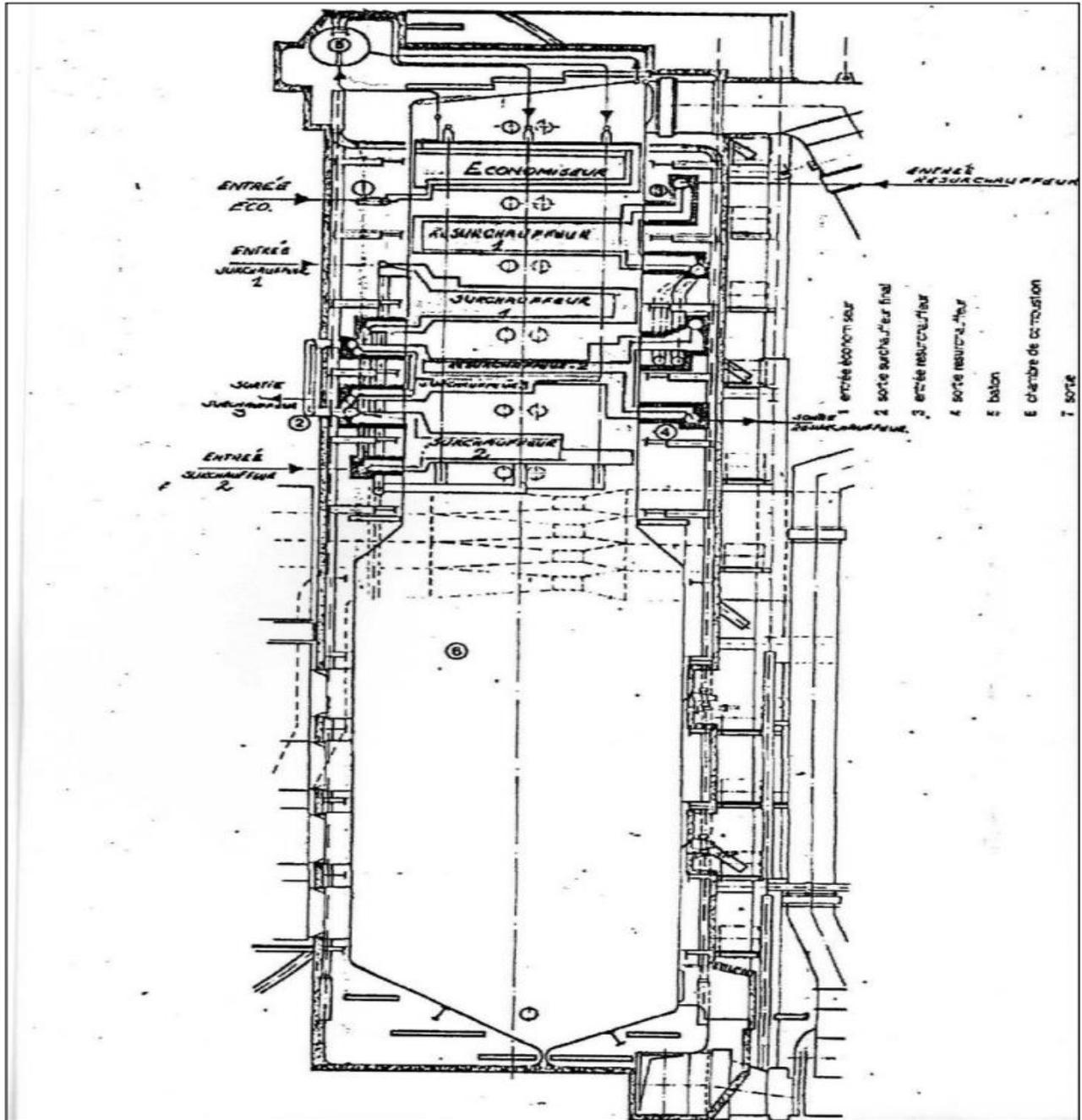


Figure IV.6 : Plan d'ensemble du générateur de vapeur.

IV.5.1. Caractéristiques des composants de la chaudière [10]

Pour décrire le fonctionnement de la chaudière nous allons la répartir en trois sections :

- Circuit eau-vapeur
- Système d'air et de fumées
- Combustibles et système de brûleurs

IV .5.1 .1 : Circuit eau-vapeur

Avant d'être introduite dans le réservoir du générateur de vapeur, l'eau d'alimentation déjà réchauffée par le passage dans le poste de réchauffage, traverse un échangeur de chaleur situé sur le parcours des gaz de combustion appelé économiseur.

L'eau d'alimentation est pompée dans l'économiseur par les pompes d'alimentation.

A. l'économiseur

C'est un échangeur de chaleur dont le type de tuyauterie est en forme de serpent, il se trouve en fin de parcours des gaz de combustion et a pour rôle la récupération d'une partie des calories restante dans les gaz de combustion, pour élever la température de l'eau d'alimentation et ainsi diminuer la quantité de chaleur nécessaire à la vaporisation de l'eau dans les faisceaux des tubes écrans.

L'économiseur joue un rôle très important au moment du démarrage de la chaudière et ceci grâce à sa grande surface de chauffe et à son coefficient de transfert thermique car il sert de séparateur entre l'eau chaude se trouvant dans la bêche alimentaire et l'écran vaporisateur froid. L'échange de chaleur au niveau de l'économiseur se fait par convection.

Tableau IV.2 : Paramètres de l'économiseur

Paramètres	Valeurs	Unités
Timbre	172	bars
Pression de service à l'entrée	164.3	bars
Pression d'essai	258	bars
Volume d'eau	10.5	m3
Surface de chauffe	2080	m2

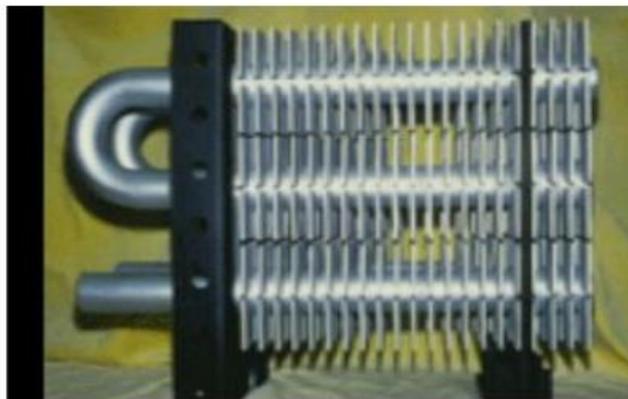


Figure IV.7 : Economiseur

B. Ballon de chaudière

Il est disposé transversalement et sert à stocker l'eau et la vapeur dans la chaudière. La moitié inférieure reçoit l'eau d'alimentation réchauffée dans l'économiseur et la moitié supérieure reçoit la vapeur venant des tubes écrans. L'eau et la vapeur sont séparées à l'aide d'un séparateur cyclone et le niveau d'eau dans le ballon reste constant pendant toute la durée du fonctionnement de la chaudière.

Le ballon est un dispositif très important ce qui lui vaut une surveillance particulière et ce grâce à :

- Un indicateur de niveau d'eau.
La connaissance précise du niveau réel dans le ballon prend toute son importance aux valeurs minimales et maximales tolérées en fonctionnement, à savoir :
 - Niveau très bas : risque de manque d'eau dans certain tubes de la chaudière.
 - Niveau très haut : mauvais fonctionnement des séparateurs et risque d'entraînement d'eau vers les tubes surchauffeurs.
- Trois soupapes de sureté.
- Une soupape de trop plein.
- Deux systèmes de télésurveillance.

Tableau IV.3: Paramètres du ballon chaudière

paramètres	valeurs	unités
Timbre	172	bars
Pression de service	160	bars
Volume d'eau	26.9	m3

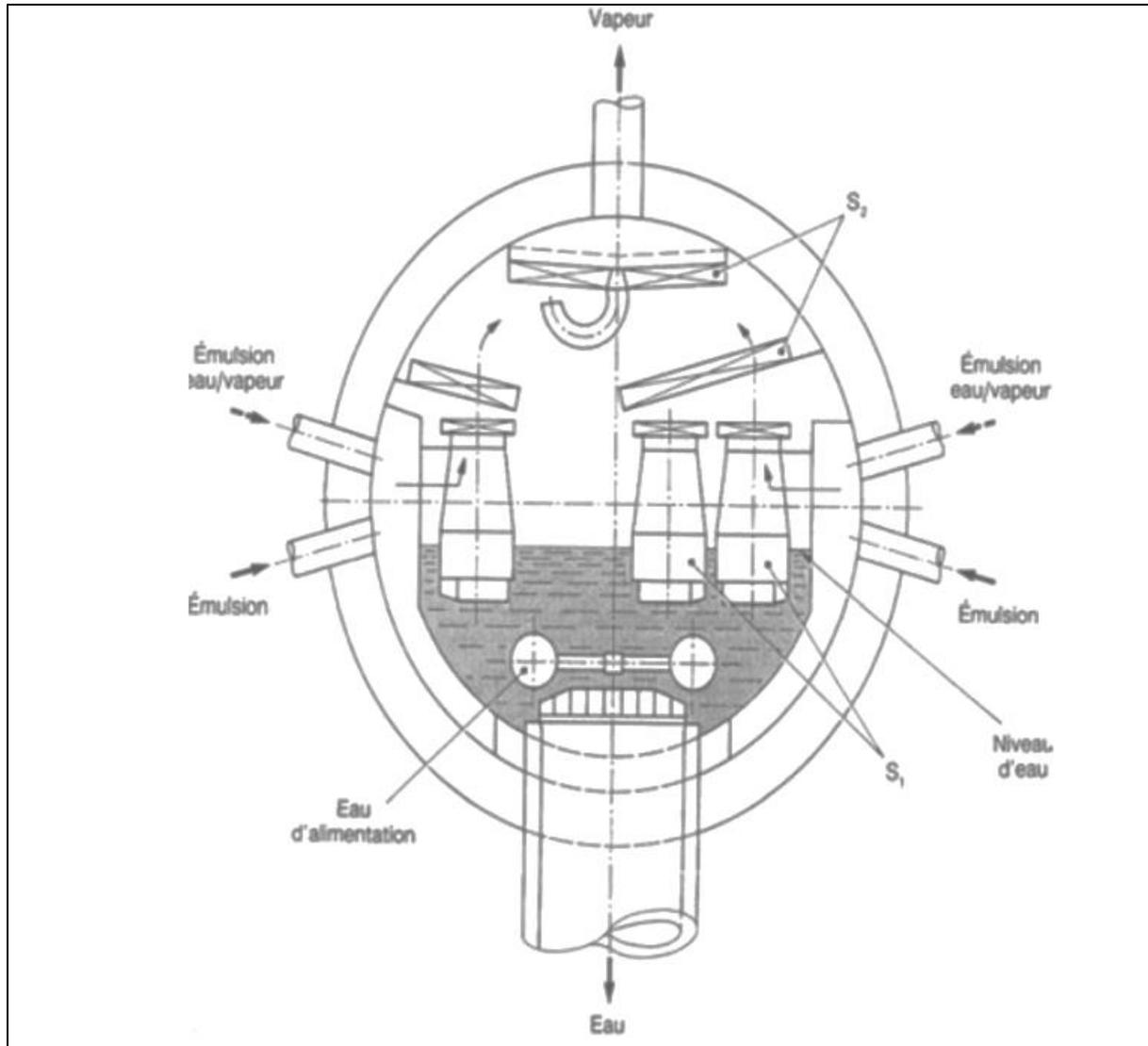


Figure IV.8: Ballon chaudière.

C. Colonnes de descente et écrans vaporisateurs

Les colonnes de descente sont raccordées à la partie inférieure du ballon et conduisent l'eau qui tombe grâce à son propre poids à la partie inférieure de l'écran vaporisateur.

Les écrans vaporisateurs revêtent toutes les faces du foyer de la chaudière.

Ils sont constitués de tubes soudés soumis au rayonnement de la flamme.

L'eau se trouvant dans l'écran vaporisateur va être chauffée et va se vaporiser en partie sous forme de bulles. Ce mélange eau-vapeur ayant un poids spécifique plus faible va être poussé vers le haut par celle-ci. Ainsi le mélange revient au ballon venant cette fois-ci des collecteurs supérieurs des écrans vaporisateurs.

Les écrans vaporisateurs sont soudés et étanche aux gaz et forment la seconde plus grande surface de chauffe après l'économiseur.

Tableau IV.4: Paramètres des écrans vaporisateurs

Paramètres	Valeurs	Unités
Surface de chauffe	1980	m ²
Timbre	172	bars
Pression de service	160	bars
Volume d'eau	37.01	m ³

D. Surchauffeurs

Ils servent à resurchauffer la vapeur à partir de la vapeur saturée, ils sont montés en ligne séparées parallèles.

La vapeur provient du ballon et passe par le collecteur de tube-support inférieur pour ensuite arriver dans le premier surchauffeur raccordé en contrecourant des gaz de combustion puis passe par le désurchauffeur avant d'arriver dans la deuxième surchauffeur et enfin par la surchauffeur finale après passage par le deuxième désurchauffeur. L'échange se fait ici par convection.

Les deux désurchauffeurs servent à protéger les surchauffeurs contre des températures élevées, et à maintenir la température à la sortie de la chaudière. L'eau de désurchauffe est prise de la conduite d'eau d'alimentation. La sortie de la dernière surchauffeur mène directement à la conduite de la vapeur vive d'où la vapeur est guidée vers la partie haute pression de la turbine.

E. Resurchauffeurs

La vapeur est amenée dans la conduite de vapeur à resurchauffer après sa sortie du corps HP de la turbine où elle a subi une première détente puis, elle passe par deux désurchauffeurs qui sont alimentés par l'eau d'alimentation afin de stabiliser la température de sortie ; ensuite elle est envoyée dans la partie MP de la turbine où elle s'achève de se détendre.

✚ Nous avons ci-après un schéma qui illustre les différentes étapes de la transformation d'eau en vapeur.

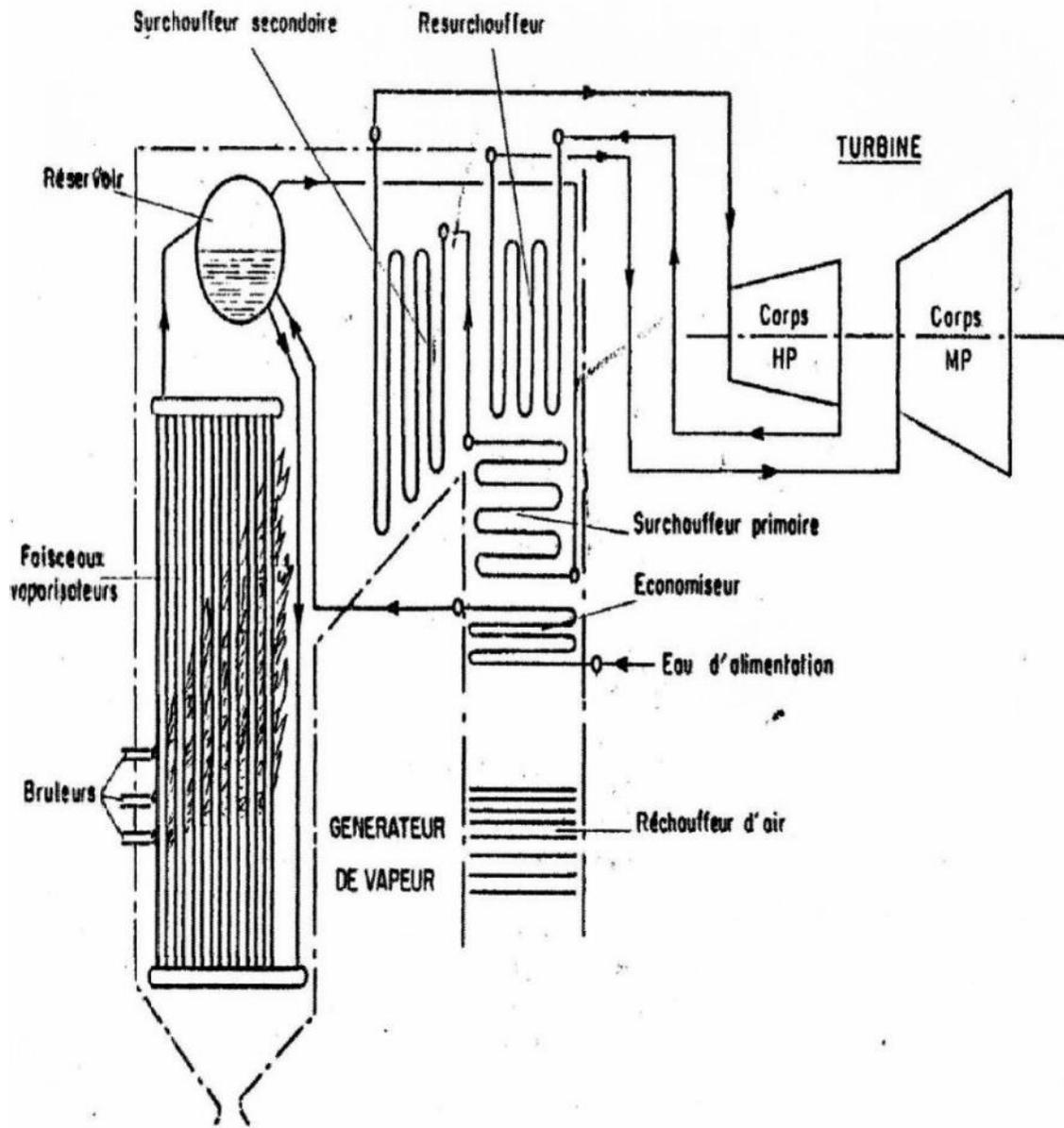


Figure IV.9 : circuit eau-vapeur.

IV.5.1.2. Circuit d'air et de fumées

A. Ventilateurs de soufflage

L'air nécessaire à la combustion dans la chaudière est fourni par deux ventilateurs de soufflage qui refoulent l'air de combustion dans le réchauffeur d'air rotatif.

Au refoulement des ventilateurs de soufflage, un piquage est prévu afin d'alimenter les deux ventilateurs de recyclage ainsi que le circuit d'air d'allumage de refroidissement en cas de défaillance des ventilateurs d'air de refroidissement.

Chaque générateur de vapeur contient deux ventilateurs de soufflage ; ils sont prévus pour fournir le débit d'air correspondant à la charge maximale de la chaudière en plus d'une marge de sécurité.

Les ventilateurs sont à simple flux et du type radial, et ils sont entraînés par un moteur asynchrone à vitesse constante. Des silencieux sont installés dans les conduites d'aspiration des ventilateurs.

B. Réchauffeur d'air rotatif

Il sert à réchauffer l'air de combustion qui arrive dans chaque brûleur en récupérant la chaleur dégagée par les fumées.

Il est constitué d'un rotor tournant dans un boîtier autour d'un axe vertical, à l'intérieur de ce boîtier sont disposées trois couches de tôle de chauffe qui sont traversées alternativement par les gaz de fumées et par l'air à contre-courant. Les tôles absorbent la chaleur dégagée par les fumées et la transmettent ensuite à l'air, ce qui induit une élévation de la température d'environ 16°C.

Il est entraîné par un moteur électrique triphasé ; un moteur alimenté par un courant continu est prévu en cas de défaillance du premier et un dispositif de virage manuel est aussi prévu en cas de besoin.

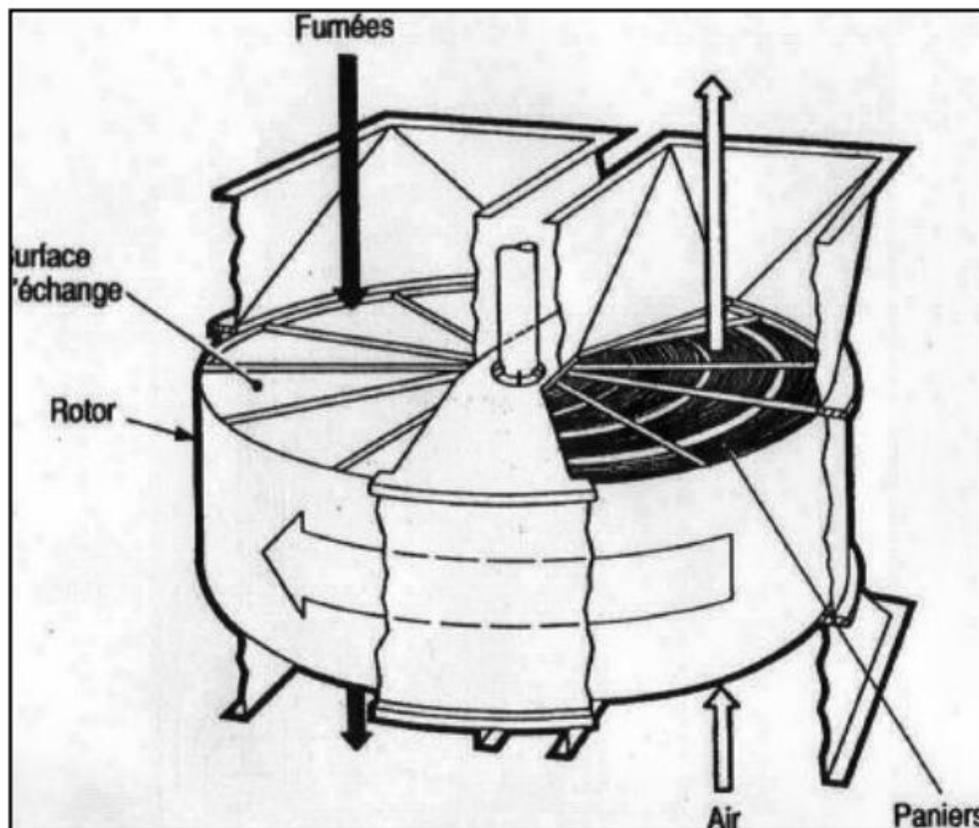


Figure IV.10 : réchauffeur d'air rotatif.

C. Ventilateurs de recyclage

Ils ont pour rôle de recycler une partie des fumées issues de la combustion et ce afin de régler la température à la sortie du réchauffeur.

Deux ventilateurs sont prévus par générateur de vapeur.

La plus grande partie de la chaleur est transmise par les fumées produite lors de la combustion aux surfaces chauffantes. Les fumées sont amenées par une gaine au niveau du réchauffeur d'air rotatif où elles sont refroidies puis évacuées vers l'atmosphère à travers la cheminée.

D. Préchauffeurs d'air

Ils servent à augmenter la température d'air de combustion avant le réchauffeur d'air rotatif et ceci afin qu'aucune condensation ne se produise sur les tôles de chauffe du réchauffeur d'air rotatif.

E. brûleurs

La chaudière est équipée de huit brûleurs répartis sur quatre étages. Ils sont prévus pour un fonctionnement mixte : gaz naturel comme combustible principal et fuel oil domestique comme combustible de secours. Un brûleur d'allumage est prévu pour l'allumage du brûleur principal.

Les brûleurs ont pour but d'engendrer et d'entretenir la combustion du combustible dont ils assurent le mélange intime et homogène avec l'air comburant.

Leur conception diffère selon le type de combustible.

Afin de mieux comprendre nous avons ci-dessous un schéma simplifié représentant les différents parcours d'air et de fumées.

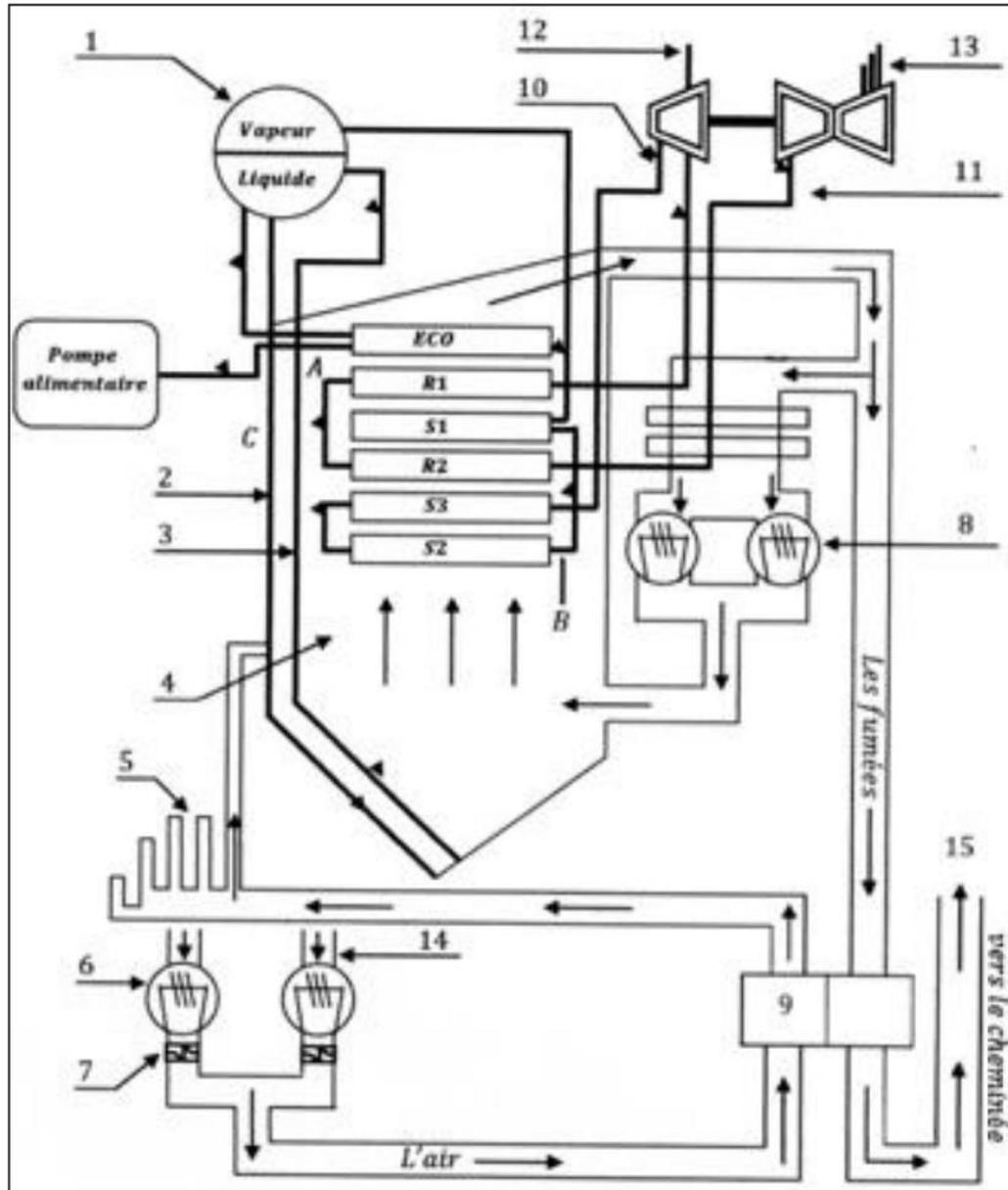


Figure IV.11 Schéma du circuit air-fumées de la chaudière de Cap Djinet

- | | |
|---|--|
| 1. Ballon de la chaudière. | 2. Colonne de descente. |
| 3. Tubes d'écrans. | 4. Evaporateur. |
| 5. Gaine d'air pour les brûleurs. | 6. Ventilateur de soufflage. |
| 7. Préchauffeur de vapeur. | 8. Ventilateur de recyclage. |
| 9. Réchauffeur d'air rotatif. | 10. La vapeur entrante à la turbine HP. |
| 11. La vapeur entrante à la turbine MP. | 12. La vapeur sortante de la turbine HP. |

13. Soutirage de la turbine MP.**14. La gaine d'aspiration.****15. Fumées sortantes de la cheminée.****A. Les resurchauffeurs.****B. Les surchauffeurs.****C. Le générateur de vapeur****➤ Alimentation en gaz :**

Le gaz naturel arrive du poste de détente principal à une pression de 6 bars au niveau de la conduite principale, ensuite il passe dans deux autres conduites qui alimentent chacune une rampe de brûleurs.

La première conduite alimente les brûleurs 1, 2, 3 et 4 et la seconde alimente les brûleurs 5, 6, 7 et 8.

Parameter	Valeurs	Unites
Nombre de lance à gaz par brûleurs	6	
Debit gaz naturel	5000	Nm ³ /h
Debit gas minimal	1200	Nm ³ /h

Tableau IV.5 : Paramètres des brûleurs lors d'une alimentation au gaz naturel

➤ Alimentation au fuel :

Comme les brûleurs sont conçus pour un fonctionnement mixte, la lance fuel est montée dans l'axe du brûleur.

Le fuel est conduit à la chaudière par une conduite principale, ensuite il est distribué au niveau de chaque brûleur à travers des conduites.

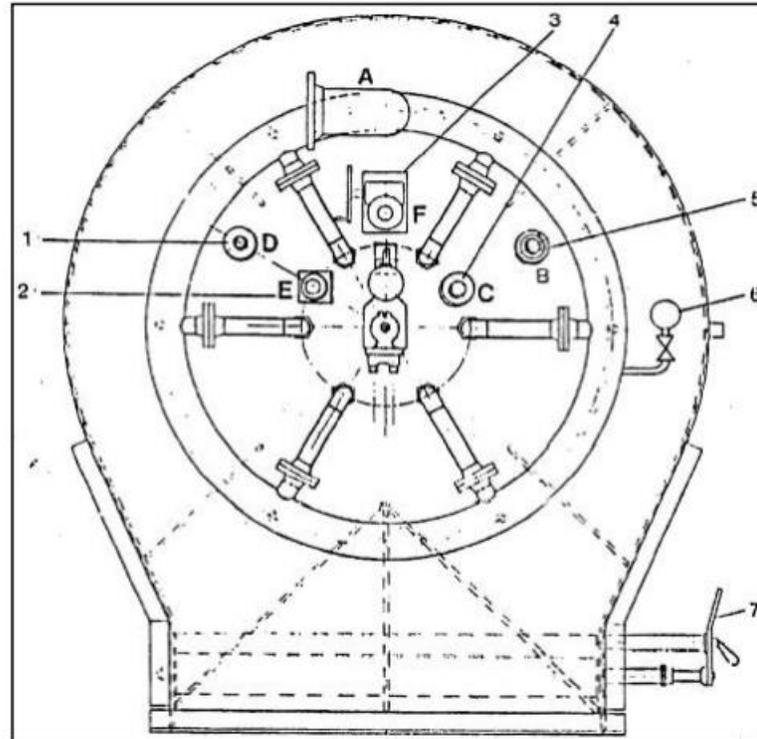


Figure IV .11 : Brûleur en fuel

1. détecteur de flamme (au fuel).
2. brûleur d'allumage.
3. élément de commande.
4. tube regard.
5. détecteur de flamme (au gaz).
6. manomètre.
7. clapet d'air primaire.

F. Air de refroidissement

Deux ventilateurs d'air de refroidissement et d'air d'allumage sont prévus afin d'alimenter :

- Les contrôleurs de flamme.
- Le brûleur d'allumage.
- La lance du brûleur au fuel.

IV.5.1.3. Le brûleur d'une chaudière

Pour déclencher le processus de production de vapeur dans une chaudière, il faut impérativement se procurer d'un brûleur qui est la base du mécanisme de combustion.

La combustion ne peut avoir lieu que lorsque le triangle de feu est réalisé :

- Le comburant (ou l'oxygène)
- Le combustible (soit le fioul, le gaz...)

- La flamme, la chaleur (ou l'énergie d'activation)



Figure IV .12 Triangle de feu

Le brûleur est la partie cruciale dans la chaudière, il a pour fonction de mélanger le combustible avec l'air et de fournir de l'énergie grâce à la combustion du mélange ainsi obtenu

IV.5.1.4. Chambre de combustion

C'est la partie principale du générateur de vapeur ; c'est dans l'enceinte qu'elle constitue que se développe la flamme de combustion et qu'ont lieu les principaux échanges de chaleur qui sont utilisés pour produire de la vapeur. Ces échanges de chaleur s'effectuent par rayonnement.

Les parois latérales des chambres sont presque toujours tapissées de tubes écrans, faisant partie du faisceau vaporisateur. La sortie des gaz chaud se fait souvent à travers une partie de la paroi arrière de la chambre et les tubes forment alors, un écran non jointif qui protège le surchauffeur.

La chambre de combustion un grand volume de métal de 9675 mm de longueur, de 17000 mm de hauteur, et de 9375 mm de largeur.

Elle est équipée :

- De hublots sur les parois latérales et arrières pour contrôler la combustion de tous les brûleurs et avoir une vision totale de la flamme, ils sont protégés par l'air de barrage.
- Deux caméras afin de transmettre l'image des flammes en salle de commande, elles sont refroidies par l'eau de circuit de refroidissement NORIA.

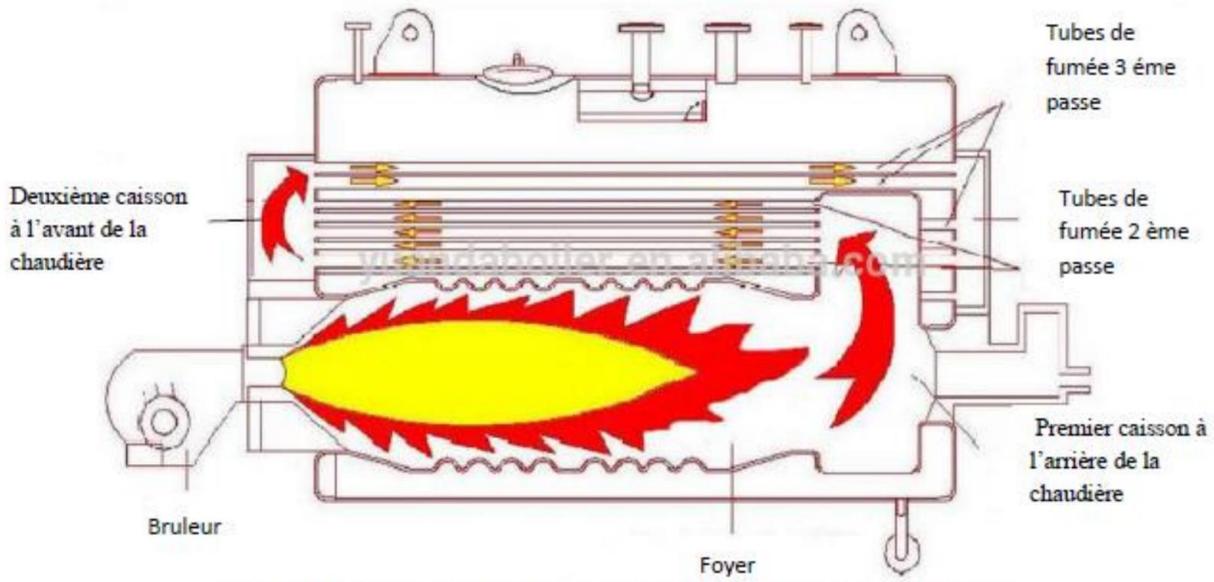


Figure IV .13 : Bilan thermique dans la chambre de combustion

IV.5.1.5. Cheminée

La chaudière est équipée d'une cheminée d'une hauteur de 60 mètres, elle est de construction métallique et est équipée :

- D'une passerelle d'entretien.
- D'une protection par parafoudre.

IV.5.2. Mode de fonctionnement du générateur de vapeur de la centrale de Cap Djinet

Après sa sortie des réchauffeurs haute pression l'eau d'alimentation sont dirigée vers l'économiseur ; la température de l'eau augmente grâce au contact avec les fumées dégagées lors de la combustion.

A la sortie de l'économiseur l'eau qui est encore à l'état liquide est conduite vers le ballon, ensuite elle descend vers les écrans vaporisateurs qui sont en contact avec la flamme des brûleurs ce qui augmente la température de l'eau qui se transforme ici en vapeur.

La vapeur monte naturellement jusqu'au ballon où elle est séparée de l'eau par un séparateur, puis elle est transmise aux surchauffeurs par le biais des tubes supports.

A la sortie de la surchauffeur finale, la vapeur est conduite vers la partie haute pression de la turbine où elle subit une détente. Une fois détendue et refroidie la vapeur est ramenée à la chaudière pour une resurchauffe. A la sortie du resurchauffeur, la vapeur poursuit sa détente dans le corps moyenne pression puis dans le corps basse pression. La vapeur ainsi détendue est conduite au condenseur.

La turbine comporte six soutirages :

- 3 soutirages du corps BP qui alimentent les trois réchauffeurs BP.
- 2 soutirages du corps MP qui alimentent la bache alimentaire, le réchauffeur HP5 et le circuit de vapeur auxiliaire (RQ).
- 1 soutirage du corps HP qui alimente le réchauffeur HP6

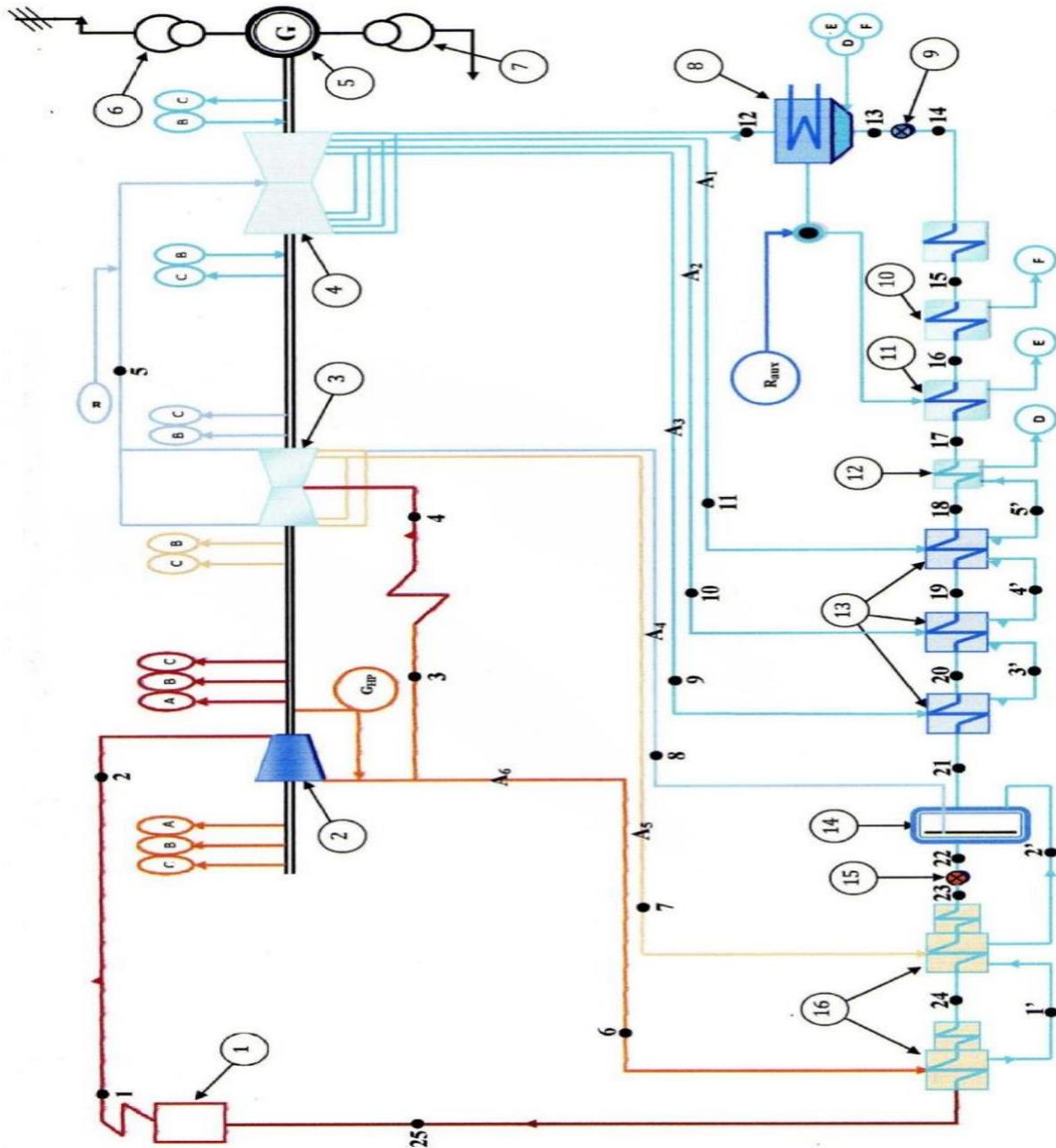


Figure IV .14 : Schéma synoptique de la centrale de Cap Djinet.

- | | |
|--------------------------------|------------------------------|
| 1. Générateur de vapeur. | 2. Turbine à haute pression. |
| 3. Turbine à moyenne pression. | 4. Turbine à Basse pression. |
| 5. Alternateur. | 6. Transformateur principal. |

- | | |
|---|---------------------------------|
| 7. Transformateur auxiliaire. | 8. Condenseur. |
| 9. Pompe d'extraction. | 10. Condenseur de buées. |
| 11. Injecteur de vapeur. | 12. Refroidisseur de purges. |
| 13. Réchauffeurs basse pression 1,2 et 3. | 14. Bâche alimentaire. |
| 15. Pompe alimentaire. | 16. Réchauffeurs haute pression |

IV.5.3. D'analyses des rejets atmosphérique et mesure du bruit de la « CTRD »

IV.5.3.1 INTRODUCTION

Suite à la demande de unité de production de l'électricité ras djinet relative aux la mesures des émissions atmosphérique et nuisance sonore générée par le fonctionnement des groupes de la centrale ras djinet un équipe du laboratoire central de "SPE" s'est rendue sur place du 03/08/2021 à 08/08/ 2021.

IV.5.3.2 objectif de mesure

L'objectif de cette mission est de misère les rejets atmosphériques ainsi que le niveau des nuisances sonores émis par les installations de l'unité ras djinet et la réalisation d'une cartographie sonore afin d'évaluer leur impact sur l'environnement conformément à la réglementation algérienne la matière.

IV.5.3.3 modalité d'intervention

a. Méthodologie de l'échantillonnage et de mesure

1) Emission atmosphérique

Les prélèvements des émissions atmosphérique ainsi que les mesures ont été effectuée conformément à la norme ASTM D 6522-2020 relative à la caractérisation et au mesurage des rejets atmosphérique les mesures ont été réalisé à l'aide du capteur électrochimique le prélèvement des gaz a été effectuée avec une sonde d'une longueur de 1,5 mètres sur une durée de 10 minutes (dix fois une minute) au niveau de l'échappement des groupes TV10,TV20,TV30 et TV40 .

2) matériels utilisés

Tableau IV.6. Matériels utilisés

désignation de matériel	Marque	type
appareil de mesure de rejets atmosphérique	RASI 800	Cellules électrochimiques
Sonde de mesure d'une longueur de 70 cm		Bloc infra-rouge

3) mesure de niveau de bruit

Les mesures de l'intensité sonore ont été réalisées à l'extérieur et l'intérieur de l'installation et bâtiments de la centrale de ras djinet le pendant une durée de mesure de 10 seconde pour chaque point de mesure.

Les groupes de centrale de ras djinet (TV 10 ,20 et TV 40) en service Le groupe TV 30 on révision.

4) matériels utilisés

Tableau IV.7. Matériels utilisés

désignation de matériel	Marque
Sonomètre analyseur de bruit	cirrus

5) les normes appliquées

Les mesures de l'intensité sonore ont été effectuées conformément aux normes suivantes :

Tableau IV.7. Les normes appliquées

Normes utilisées	Domaine d'application
Décret exécutif n°93-184 du 27/071993	Réglementant l'émission des bruits
ISO 1996	Caractérisation et mesurage des bruits dans l'environnement
ISO 1980	Code d'essais pour le mesurage des bruits aérien émis par les machines électriques tournantes

IV.5.3.4 Synthèse des résultats

a) référentiel réglementaire

Les résultats des mesures des émissions atmosphériques ont été comparés respectivement aux :

« Décret 06-138 du 15 /04/2006 » réglementant l'émissions des rejets atmosphériques, il a été tenu compte des valeurs limites figurant au tableau « L'ANNEXE N°01 du décret ».

b) résultats

Les dépassements sont mentionnés en gras

Tableau IV.8 Valeur des rejets atmosphérique émanant de la sortie AVAL chaudière de groupe TV 10

Caractéristique			Unité	Sortie Chaudière - AVAL	Valeurs limites
	Année de mise en service		-	1986	
	Fréquence de fonctionnement		-	Depuis 1986	
	Combustible		-	Gaz naturel	
	Puissance en charge		MW	132	
	Température des gaz émis		°C	-	
Date de l'analyse			03/08/2021		
Opérateurs			R.ROUGAB / N.BENAMIROUCHE		
Gaz mesurés	O ₂	%	4.5		
	CO ₂	%	11.49		
	CO	mg/Nm ³	0.42	Non spécifié	
	NO	mg/Nm ³	179.5	Non spécifié	
	NO ₂	mg/Nm ³	53.3	300	
	NO _x	mg/Nm ³	330.05	300	
	SO ₂	mg/Nm ³	54.34	300	

Tableau IV.8. Valeur des rejets atmosphérique émanant de la sortie AMONT chaudière de groupe TV 10

Caractéristique			Unité	Sortie Chaudière - AMONT	Valeurs limites
	Année de mise en service		-	1986	
	Fréquence de fonctionnement		-	Depuis 1986	
	Combustible		-	Gaz naturel	
	Puissance en charge		MW	132	
	Température des gaz émis		°C	-	
Date de l'analyse			03/08/2021		
Opérateurs			R.ROUGAB / N.BENAMIROUCHE		
Gaz mesurés	O ₂	%	0		
	CO ₂	%	14.04		
	CO	mg/Nm ³	1.13	Non spécifié	
	NO	mg/Nm ³	164.92	Non spécifié	
	NO ₂	mg/Nm ³	161.95	300	
	NO _x	mg/Nm ³	416.15	300	
	SO ₂	mg/Nm ³	403.26	300	

Mesure de bruit les dépassements sont mentionnés en gras les mesures de l'intensité sonore ont été réalisées au niveau des groupes TV10, TV20ET TV40 de la centrale de ras djinet.

Tableau IV.9. Mesure de bruit

Point de mesure	Valeur mesurée dB(A)				Valeur limite tolérée dB(A) pour 08 heures/jour
	Gr10	Gr20	Gr30	Gr40	
Entrée groupes	84.3	87.1	82.6	76.3	85
Entré coté transformateur (intérieur capotage)	67.5	71.5	70	71.4	
Pompe alimentaire RL12 (extérieur capotage)	92.6	89.7	78.4	88.8	
Moteur pompe alimentaire RL12 (intérieur capotage)	90.1	89.7	77.5	90	
Pompe alimentaire RL22 (intérieur capotage)	91.4	88.5	78.3	88.3	
Moteur pompe alimentaire RL22 (intérieur capotage)	92.1	89.2	78.5	87.2	
Pompe alimentaire RL34	93.2	89.7	78.9	88.6	
Moteur pompe alimentaire RL34		91.7	77.7	88.8	
Pompe d'extraction RM 21 (intérieur capotage)	89.3	88	77.3	87.7	
Pompe d'extraction RM22 (intérieur capotage)	88.6	88.7	77.6	81.7	
Sous centrale incendie (intérieur capotage)	85.4	85.9	79.4	81.7	
Condenseur coté (intérieur capotage)	90.9	88.3	78.5	82.6	
Condenseur Sud (intérieur capotage)	87.2	86.5	75.9	83.4	
Pompes NORIA (intérieur capotage)	86.3	84.6	75.1	81.8	
Bac Purge huile (intérieur capotage)	83	81.8	79.2	80.5	
Réfrigérant NORIA (intérieur capotage)	88	85.5	77.5	81.7	
Salle d'échantillonnage (porte fermée)	71.9	72.7	60.1	69.9	
Salle d'échantillonnage (porte ouverte)	79.1	78.8	70.6	74.8	
Réfrigérant d'été	84.9	85.2	81	80.5	
Soupape à fermeture Rapide (Droite)	83.5	84.8	82.6	79.1	
Soupape à fermeture Rapide (Gauche)	81.9	85.7	81	79.4	
Soupape régulatrice (Droite)	89.3	77.3	72	73.7	
Soupape régulatrice (Gauche)	89.3	77.6	75.8	74	
Réchauffeur HP5- HP6	84.7	83.6	78.7	81.7	

IV.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons donné une description et fonctionnement du générateur de vapeur [La chaudière]

Une chaudière est un élément essentiel de la centrale thermique à vapeur, il s'agit d'un générateur de vapeur qui utilise efficacement la chaleur produite par la combustion, le combustible pour convertir l'eau en vapeur. L'efficacité est la caractéristique la plus importante de la chaudière car elle a un impact sur la production d'énergie.

Chaque composant de la chaudière a un rôle indispensable dans le processus de la génération de la vapeur. Ce composant est : le ballon, et le économiseur, en plus de surchauffeur qui a pour l'objectif d'obtenir la vapeur sèche avec une température appropriée. Le surchauffeur à la sortie de la chaudière

Emission atmosphériques les résultats des mesures des émissions atmosphériques émanant des groupes TV10, TV 20, TV40 de la centrale de Ras Djinet sont conformes aux exigences du décret précité hormis les NO_x et le SO_2 pour le groupe TV 10 sortie chaudière – AMONT.

Mesure de bruit L'intensité sonore émise par les groupes TV10, TV20ET TV40 de la centrale de Ras Djinet sont conformes aux exigences de la réglementation en vigueur (code du travail, art. R.232-8-2 de l'OMS) pour une durée d'exposition de 08 heures « voir en Annexe 01 les valeurs d'exposition » hormis :

- salle des machines
- groupes turbo-alternateur
- poste gaz
- rompes gaz
- brûlure
- ventilateurs (NK-NS-NG)
- station pompage
- station H_2
- atelier

Conclusion générale

Conclusion général

Evolution de la vivante actuelle demande augmente continuellement d'énergie, entraînant des conséquences sur l'environnement et les ressources. Par conséquent, notre ressort, en tant qu'ingénieurs en énergie, est de vérifier tous les moyens possibles pour économiser les ressources et aussi maximiser la production d'énergie.

Il s'agit d'un mode de production à haute performance énergétique, fonctionnant dans le cadre du marché électrique, utilisant uniquement le gaz naturel, étant le combustible le moins émetteur de CO₂ parmi les combustibles fossiles. Moins polluants par rapport à d'autres centrales thermiques au charbon ou au mazout, ce qui constitue un avantage environnemental.

Contribuant à réduire les quantités de gaz dédiées à la production de l'électricité, donc la conversion du gaz naturel en électricité offre un meilleur rendement. Ainsi, elle satisfait une modernisation pour occuper une grande partie dans le secteur de production de l'énergie

Le stage que nous avons effectué au sien de la centrale thermique de Cap Djinet a été bénéfique pour nous, car il nous a permis de mettre en évidence l'aspect pratique de l'ensemble des connaissances théoriques acquises tout au long de notre cursus universitaire, ainsi que d'enrichir nos connaissances et notre savoir-faire dans le domaine et des systèmes industrielles et de tirer, d'une part profit de l'expérience de personnels de la centrale qui nous a été d'une aide importante.

Synthèse des résultats pour une éventuelle communication : une norme ISO 14031[ISO96] est développée sur le thème de l'évaluation des performances environnementales. L'EPE y défini comme « un procédé interne continu et un outil de management ». [6]

Une méthodologie systématique qui fournit un cadre de références pour regrouper et enregistrer l'information. L'objectif d'une telle méthodologie est de déterminer le plus objectivement possible les impacts environnementaux engendrés par les activités d'une installation.

Référence bibliographique

- [1] Documentation de la centrale du Ras-Djinet.
- [2] Site web www.electrabel.com, télécharger 2004
- [3] <https://www.encyclopedie-energie.org/solaire-thermique-les-technologies-et-leurs-trajectoires/>
- [4] Notice technique sur les centrales thermiques : Fascicule n°4A « Les combustibles », EDF, Edition Septembre 1961.
- [5] Sofiane FATIS Rahima MOKRANI , Automatisation du procédé de régénération de la station de déminéralisation de la centrale thermique de Cap-Djinet Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER PROFESSIONNEL Spécialité : électrotechnique Industrielles UMMTO 2015
- [6] Rossouw and F. Retif, Strategic environmental assessment and planning in South Africa. In: C. Jounes, M. Baker, J.Carter, S .Jay, M, Short and C. Woord, Eeditors,Strategic Environmental assessment and land use planning : an international evaluation,Earthscan ,London),pp.188-205.2005
- [7] Saada Ghersallah, Documentation Sonelgaz-SPE : « La turbine », Mars 2000.
- [8] notice technique sur les centrales thermiques : Fascicule n°03 « La vapeur d'eau », EDF, Mars 1969.
- [9] Thèse de magister : Réduction des réversibilités d'un cycle combine a pression duale et triple Mr: SKODARLI Radhouane, UMBB 2011.
- [10] Saada Ghersallah, KWU service de formation professionnelle de la centrale thermique de Cap Djinet: « La chaudière », Section n°5505.