

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République algérienne démocratique et populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
المركز الجامعي لعين تموشنت  
Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent  
Institut de Technologie  
Département de Génie Electrique



Projet de fin d'études  
Pour l'obtention du diplôme de Master en :  
Domaine : SCIENCES ET TECHNOLOGIES  
Filière : ELECTROTECHNIQUE  
Spécialité : COMMANDE ELECTRIQUE

Thème

**Etude pratique d'électrochloration de la centrale SKT**

**Présenté Par :**

- 1) Zenagui assma
- 2) Ziat souad

**Devant les jurys composés de :**

K.MENDEZ	MCB	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Président
H. BELHACHMI	MAA	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Encadrant
M.FLITTI	MCA	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Examineur

*Année universitaire 2018/2019*

# Remerciements

*On tient tout d'abord à remercier ALLAH le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force, la volonté et la patience d'accomplir ce modeste travail.*

*Nous exprimons nos profonds remerciements et tous nos respects pour nos très chers parents, qui nous ont éduqués, encadré et soutenu par tous les moyens, jours après jours, depuis notre naissance jusqu'à ce jour là.*

*Nos sincères remerciements pour notre encadrant Mr H.BELHACHEMI pour l'aide précieuse qu'il nous' a apporté tout au long de ce travail*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury*

*pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail en acceptant d'examiner notre mémoire et de l'enrichir par leurs recommandations.*

*On tient à remercier en particulier Mr S.SMAIN et M.Osmane et toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin au bon acheminement de ce travail.*

# Dédicace

*A celle qui m'a appris à vivre.*

*A celle qui a déclaré le chemin de ma vie.*

*Maman mon bonheur.*

*Tu es la couleur de l'espoir.*

*A toi seul j'ai promis d'un amour éternel et d'une réussite dans mes études.*

*A mon papa qui m'a apporté toute l'aide dont j'avais besoin.*

*Pour vous mes chers parents «Fadila et Ismail» je dédie ce travail.*

*Je dédie aussi*

*A ceux qui ont partagé, mes joies et mes peines, ma sœur : Ibtissame et mon frère : Yassine.*

*A ma grande famille.*

*A toutes mes sœurs de l'université, que Dieu protège notre amour :*

*Asmaa, Amina, Aicha, Soumia, Rafiq.*

*A toutes mes amies.*

*A tout le groupe de Master Commande électrique.*

*A tous qui m'aiment et que j'aime.*

*Souad*

# Dédicace

## Dédicace

*Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont cher*

### *A ma chère mère souad*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.*

*Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.*

*Puisse dieu le très haut, vous accordé santé, bonheur et longue vie.*

### *A la mémoire de mon papa*

*Ce travail est dédié a mon papa, qui ma toujours poussé et motivé dans mes études, père je t'aime d'un amour éternel quand je pense à toi, les pleurs montent avec tes souvenirs merci pour ce que tu as été pour moi, merci à toi grand homme je t'aime très fort papa.*

### *A mes belles sœurs et mes intimes*

*Ce travail est dédié aussi à mes belles sœur soumia et hialima et fatima et ma petite sœur fadela vous êtes mes bonheurs dans ma vie.*

*Et aussi à oussama qu'il était toujours a mes cotés.*

*Et aussi à ma chère souad jamais je ne pourrais t'oublier.*

*Je vous aime trop ma famille*

### *A mes frères*

*Ce travail est dédie aussi à mes frères saïd et mohamed et rabie que dieu vous garde inshallah*

### *A mes chères amies*

*A mes chers amies de cœur souad et aïcha et les deux soumia et amina et amira et hala et hadjer et Hanane et fatima et ikram vous saviez comme je suis heureuse de vous avoir dans ma vie, je vous aime.*

**ASSMA**

## Sommaire

Remercîment

Dédicace

Liste des symboles

Notation et nomenclature

Liste des figures

Introduction générale..... 1

### **CHAPITRE I : présentation générale de la centrale électrique de TERGA**

1. Introduction : .....	3
2. Présentation général : .....	3
3. Localisation de la centrale : .....	4
4. Objectif de la centrale : .....	4
5. Principales caractéristique du procédé et des équipements de la centrale de TERGA : .....	5
5.1. Description générale : [1].....	5
5.2. Vue générale des composants et systèmes majeurs : [2].....	7
5.2.1. Turbine à gaz : .....	7
5.2.2. Alternateur : .....	9
5.2.3. Embrayage : .....	10
5.2.4. Turbine à vapeur : .....	11
5.2.5. Chaudière de récupération : .....	12
5.2.6. Cycle eau vapeur : .....	13
5.2.7. Système d'alimentation en combustible : .....	15
5.3. Les unités communes de la centrale (BOP):[2] .....	16
5.3.1. La station de pompage : .....	16
5.3.2. L'unité d'electrocloration : .....	16
5.3.3. L'usine de dessalement : .....	17
5.3.4. L'unité de déminéralisation : .....	18
5.3.5. La station de production d'eau potable : .....	18
5.3.6. La station de production d'hydrogène : .....	19
5.3.7. Station d'air comprimé : .....	20
5.4. Distribution Electrique:[2] .....	20

5.4.1.	Transformateurs élévateurs de tension de l'alternateur :.....	20
5.4.2.	Trois Transformateurs auxiliaires d'unité (soutirage) :.....	20
5.4.3.	Deux transformateurs de démarrage normal de la TG (Tranches 1 & 2) :.....	21
5.4.4.	Deux équipements de démarrage statique (CSF) :.....	21
5.4.5.	Trois systèmes d'excitation statique : .....	21
5.4.6.	Alimentation secourue Black Start : .....	22
5.4.7.	Poste blindé: .....	22
5.4.8.	Jeu de barres sous gaines alternateur et point neutre alternateur :.....	23
5.4.9.	Disjoncteur de l'alternateur :.....	23
5.4.10.	Protection électrique : .....	23
5.4.11.	Tableaux de distribution MT 6.6 KV :.....	24
5.4.12.	Tableaux de distribution BT 400V : .....	24
5.4.13.	Système courant continu(CC) et alimentation sans interruption : .....	25
6.	Conclusion :.....	25

## **CHAPITRE II : Système d'Electrochloration**

1.	Introduction :.....	26
2.	Description générale : [3] .....	27
3.	Philosophie de fonctionnement et de contrôle du système : [3] .....	27
4.	Fonctionnement du système :.....	28
4.1.	Fonctionnement normale :[7] .....	28
4.1.1.	Filtration :.....	28
4.1.2.	Production d'hypochlorite de sodium : [5] .....	30
4.1.3.	Réservoir de stockage et de dégazage:.....	30
4.1.4.	Ventilateurs de circulation d'air : [5] .....	32
4.1.5.	Système de dosage d'hypochlorite de sodium : [5].....	32
4.2.	Arrêt :[4] .....	34
5.	Unité de conversion électrique (Générateurs SEACLOR) : .....	35
5.1.	Introduction :[5] .....	35
5.2.	Disjoncteur :.....	36
5.2.1.	Données techniques : .....	37
5.2.2.	Disjoncteur moyen tension : .....	38

5.2.3.	Secteurs d'emploi :	38
5.2.4.	Relais de protection :	38
5.3.	Transformateur (MT/ BT):	39
5.3.1.	Historique :[8]	39
5.3.2.	Transformateur triphasé :	40
5.3.3.	Symbole d'un transformateur : [9]	40
5.3.4.	Principe de fonctionnement :	41
5.3.5.	Description générale du transformateur MT /BT du système Electrochloration: [10]	41
5.3.6.	Données techniques du transformateur (MT/BT):	42
5.4.	Redresseur :	42
5.4.1.	Introduction :	42
5.4.2.	Description du redresseur triphasé	42
5.4.3.	Types des redresseurs : [6]	43
5.4.3.	Donnés technique :	43
5.5.	L'électrolyseur :	44
5.5.1.	Historique : [11]	44
5.5.2.	Electrolyseur Seaclor 3 VX.200 : [5]	44
5.5.3.	Principaux éléments de régulation : [5]	45
5.5.4.	Composition du générateur Seaclor : [5]	45
5.5.5.	Principe d'électrolyseurs : [5]	45
5.5.6.	Composition de l'électrolyseur : [5]	46
6.	Réactions chimiques et électrochimiques : [5]	47
6.1.	Réactions anodiques :	48
6.2.	Réactions Cathodiques :	48
6.3.	Réactions chimiques :	48
7.	Efficacité de l'Electrochloration :	49
8.	Conclusion :	49

### **CHAPITRE III : Etude électrique de l'unité de conversion**

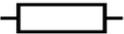
1.	Introduction :	50
2.	Circuits de puissances de l'unité de conversion électrique : [12]	50
3.	Fonctionnement anormale du système : [7]	52

3.1.	Arrêt non programmé d'un générateur du a des verrouillages de sécurité :.....	52
3.2.	Arrêt non programmé du système du a des verrouillages de sécurité.....	52
3.3.	Température élevée a la sortie du générateur :.....	53
3.4.	Arrêt non programmé du a une panne de courant : .....	53
3.5.	Panne au niveau d'un appareil de protection/sécurité : [13] .....	53
3.5.1.	Relais thermique : .....	53
3.5.2.	Fusible brulé : .....	53
3.5.3.	Disjoncteur magnétothermique :.....	53
3.5.4.	Relais de séquence de phase :.....	54
3.5.5.	Mise à la terre : .....	54
3.5.6.	Protection Max courant :.....	54
3.5.7.	Arrêt d'urgence :.....	54
4.	Analyse des défaillances : [7] .....	55
4.1.	Panne de courant : .....	55
4.2.	Absence d'alimentation en eau de mer : .....	55
4.3.	Panne air instrument : .....	55
5.	Schémas des défauts et alarmes : [14].....	56
6.	Etude d'un cas de défaut :.....	58
7.	Conclusion :.....	60
	conclusion générale.....	61

bibliographie

résumé

## Liste des symboles :

Symbole	Abréviation	Signification
	FU	Fusible
	V	Voltmètre
	A	Ampèremètre
	T	Transformateur
	R	Resistance
	C	Condensateur
	KA (NO)	Contact a ouverture
	KA (NF)	Contact a fermeture
	AC/DC	Convertisseur de courant AC/DC (Redresseur)
	QF-RC	Disjoncteur moteur ou bien Disjoncteur magnétothermique
	Th	Thyristor

## **Notation et nomenclature :**

TG : turbine à gaz

TV : turbine à vapeur

T : Température

P : pression

f : fréquence

U : tension

HT : haute tension

$f_p$  : Facteur de puissance

BP : basse tension

HP : haute pression

MP : Moyen pression

ONAF : oil naturel air forced

ONAN : oil naturel air naturel

EV : environnemental

SEV : séquentiel environnemental

SF6 : L'hexafluorure de soufre

DMT : Disjoncteur moyen tension

CC : Courant Continu

CA : courant alternatif

STDN : Severn Trent de Nora

API : automate programmable industriel

$U_p$  : Tension de tenue sous choc

$U_d$  : Tension de tenue à fréquence industriel

$I_{sg}$  : Pouvoir de coupure.

$P_r$  : Pression absolu

ABB: sigle d'ASEA Brown Boveri

PVC: Poly vinyl chloride

GRP: Gross rating point

Dyn1: D indique le couplage au primaire, y indique le couplage au secondaire, n signifie le neutre secondaire ressortie et le 1 c'est un indice horaire.

H: hydrogen

Cl: chlore

Mg: magnesium

NaClO: Hypochlorite de sodium

NaCL: chlorure de sodium

$H_2O$ : formule de l'eau

C: Charbon

Ca: calcium

## Liste des Figures

Figure 1 Localisation géographique de la centrale SKT .....	4
Figure 2 Plan général de la centrale SKT .....	5
Figure 3 les équipements principaux pour le cycle combiné.....	6
Figure 4 schéma de la ligne d'arbre .....	7
Figure 5 Turbine a gaz GT26 .....	8
Figure 6 Schéma d'un alternateur .....	10
Figure 7 Vue réel d'un embrayage.....	10
Figure 8 Turbine à vapeur .....	11
Figure 9 Chaudière de récupération .....	13
Figure 10 Condenseur .....	14
Figure 11 stations de pompages .....	16
Figure 12 unités de dessalement.....	17
Figure 13 unités de déminéralisation.....	18
Figure 14 stations de production eau potable .....	19
Figure 15 stations de production d'hydrogène.....	19
Figure 16 Station d'air comprimé .....	20
Figure 17 système de secours (Black Start) .....	22
Figure 18 Poste blindé.....	23
Figure 19 tableaux de distribution BT .....	24
Figure 20 Station d'Electrochloration.....	26
Figure 21 Filtres autonettoyants.....	29
Figure 22 Bacs de stockage.....	31
Figure 23 Ventilateurs de circulation d'air.....	32
Figure 24 pompes d'injection.....	33
Figure 25 disjoncteur moyen tension HD4.....	36
Figure 26 schémas électriques des sources d'alimentations du système d'électrolocation.....	37
Figure 27 Unité multifonctionnelle de protection et de contrôle des tableaux.....	38
Figure 28 Types de transformateur.....	39
Figure 29 Symboles de transformateurs.....	40
Figure 30 Schéma qui montrent le principe de fonctionnement du transformateur.....	40
Figure 31 Montages des types de redresseurs.....	43
Figure 32 Vue réel es électrolyseurs.....	46
Figure 33 Schéma qui montrent la réaction chimique dans l'électrolyseur.....	47
Figure 34 schéma de puissance générale de l'unité de conversion.....	51
Figure 35 schéma du redresseur a pont tout thyristors.....	51
Figure 36 schéma de la partie électrolyseur.....	52
Figure 37 Schéma de commande pour un redresseur partie a.....	56
Figure 38 Schéma de commande des défauts partie b.....	56
Figure 39 Schéma de commande partie c.....	57
Figure 40 Schéma de commande des défauts partie d.....	57
Figure 41 la figure représente la situation d'un redresseur dans le cas normal .....	58
Figure 42 la figure représente la situation d'un redresseur dans le cas de défaut.....	59

# Introduction générale

### Introduction générale :

L'accroissement de la demande d'électricité imposée par l'évolution des besoins des utilisateurs et l'extension des activités économiques.

Pour répondre à la consommation croissante d'électricité, il a fallu inventer et construire des usines capables de produire de l'électricité en grande quantité.

Il existe plusieurs modes de production se sont les centrales nucléaires qui sont également des centrales que l'on peut qualifier de thermiques, les centrales à combustibles fossiles et les centrales hydroélectriques.

En Algérie, l'énergie électrique est produite, principalement, à partir du gaz naturel. La part de la puissance installée de l'ensemble des centrales utilisant cette énergie primaire dépasse les 96%, le reste des énergies employées se répartit entre le gasoil dans les centrales diesel et l'eau dans les centrales hydroélectriques. Le gaz est utilisé dans des centrales thermiques à vapeur, à gaz, ainsi que dans les centrales à cycle combiné.

Dans le cas des centrales thermiques à cycle combiné la transformation d'énergie se fait soit directement, par détente des gaz de combustion, soit indirectement, via un cycle eau-vapeur.

Prenant l'exemple de La centrale thermique à cycle combiné de TERGA qui fait appel aux caractéristiques thermodynamiques de l'eau de mer dans un but de transformation d'énergie. La combustion s'opère à l'intérieur d'une chaudière dans laquelle des tubes assurent une circulation d'eau. La transformation de cette dernière en vapeur entraîne une turbine associée à un alternateur producteur d'énergie électrique.

L'eau de mer par sa nature, est très corrosive vis-à-vis des matériaux de construction. Elle est chargée de sels, de gaz dissous et de solides en suspension. Aussi, elle contient une variété très riche de flore et de faune. Par conséquent, si elle n'est pas traitée, son utilisation pose un certain nombre de problèmes opérationnels qui limitent l'efficacité des installations.

L'objectif de ce traitement est de diminuer ou d'éliminer totalement ces particules en fonction de l'usage prévu pour l'eau.

L'eau de mer sera traitée de façons très différentes suivant qu'il s'agisse de fournir de l'eau de refroidissement ou de l'eau pour l'alimentation des chaudières à hautes pressions.

A la lumière de ce qui est déjà dit, nous avons réalisé ce mémoire dans le but de définir un des différents traitements d'eau de mer adapté pour la centrale, nous allons nous baser sur l'étude du procédé de l'electrocloration en détaillant le fonctionnement de cette unité.

Notre travail est constitué par les chapitres suivants :

- Une introduction générale.
- Le premier chapitre est consacré à la présentation de la centrale thermique à cycle combiné de TERGA.
- Le deuxième chapitre comporte des généralités sur les composantes de l'unité de l'électrocloration et son fonctionnement.
- En troisième chapitre, nous présentons les schémas de puissance de l'unité ainsi que les défauts possibles

On clôture ce travail par une

- conclusion générale.

# Chapitre I

### 1. Introduction :

La centrale électrique à cycle combiné de TERGA a été mise en exploitation en juin 2012. D'une puissance de 1.200 mégawatts, la centrale en question est destinée à couvrir une large partie des besoins en matière d'énergie électrique de la région de l'Oranie comme elle joue un rôle important dans le cadre de « l'interconnexion des réseaux nationaux d'électricité »

L'usine assure un apport appréciable en énergie électrique et contribue à la sécurisation de l'approvisionnement énergétique du pays, outre les possibilités d'exportation de ce produit. La mise en service de cette centrale a permis l'injection de 49 nouveaux postes transformateurs dont 29 pour la ville d'Ain Témouchent.

Dans ce chapitre on va présenter le fonctionnement général de la centrale à Cycle Combiné de Terga ainsi que les liaisons fonctionnelles inter-systèmes de la Centrale.

Les fonctions internes de ces systèmes sont décrites dans leurs instructions de conduite respectives. Afin de présenter la globalité du concept de conduite de la centrale d'une manière claire.

Le concept de fonctionnement général inclut une brève description des systèmes élémentaires pour permettre une bonne compréhension de la conduite de la centrale.

### 2. Présentation général :

SHARIKET KAHRABA TERGA est une société par actions (SPA): SONELGAZ avec 51% SONATRACH 49%.

C'est une unité de production de l'énergie électrique, à cycle combiné elle est composée de 03 groupes d'une puissance de 400MW pour chacun.

- Le début de réalisation de la centrale était en 2008.
- La mise en exploitation était en fin 2011.
- Elle contribue de 8% de la production nationale.

Elle a été réalisée par ALSTOM et comprenant la société égyptienne, ORASCOM Construction Industries pour le génie civil et la construction.

### 3. Localisation de la centrale :

La centrale électrique S.K.T est située dans la partie l'Ouest de l'Algérie, à la commune d'OULED BOUDJEMAA à 25 km d'Ain T'émouchent.



Figure 1 Localisation géographique de la centrale SKT

### 4. Objectif de la centrale :

Le rôle principal de cette centrale est de produire de l'énergie électrique à partir de la combustion du gaz naturel, elle est chargée dans le cadre national alimenté avec d'autres centrales en parallèles formant un réseau interconnecté qui part de l'est à l'ouest en passant par le centre.

La centrale de TERGA participe dans ce réseau avec une puissance de (1200 MW), en exploitant (3Groupes).

La centrale électrique à cycle combiné « 3 x 400 MW-KA26-1 SS » se compose de trois unités mono-arbre à cycle combiné, de type turbine à gaz avec récupérateur de chaleur.



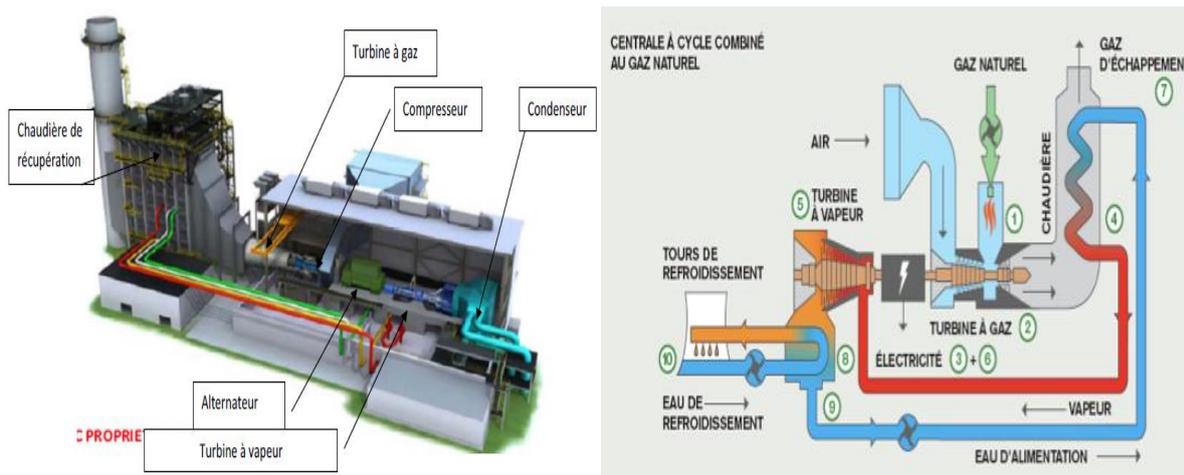
Figure 2 Plan général de la centrale SKT

### 5. Principales caractéristique du procédé et des équipements de la centrale de TERGA :

#### 5.1. Description générale : [1]

La centrale électrique à cycle combiné de TERGA se compose de trois unités « Mono-arbre » (ou single shaft) KA26-1.

L'expression cycle combiné (CC), déclinée en (CCPP pour combined cycle power plant), ou CCGT (combined cycle gaz turbine) caractérise un mode combiné de production d'énergie ou une centrale utilisant plus d'un cycle thermodynamique.



**Figure 3 les équipements principaux pour le cycle combiné**

Chaque unité se compose:

- Une turbine à gaz (TG) ALSTOM type GT 26 équipée d'un système de combustion séquentielle à pré-mélange pauvre et à faibles émissions de NOx.
- Un cycle eau / vapeur à trois niveaux de pression et resurchauffé avec chaudière de récupération.
- Une turbine à vapeur (TV) deux corps à trois niveaux de pression et resurchauffé.
- Un alternateur refroidi à l'Hydrogène, commun aux deux turbines.

La conduite de la centrale est réalisée par l'opérateur en fonction des demandes du gestionnaire du réseau électrique. La centrale est conçue pour fonctionner en continu à la charge nominale (AMA 0° / TET max) ou à charge partielle pour une température ambiante comprise entre -1°C et 45°C. Le fonctionnement en pointe de la turbine à gaz n'est pas possible.

Les conditions ambiantes prise en compte pour le design sont les suivantes:

- 35°C Température
- 1,013 B abs Pression
- 76 % Humidité relative.
- 23°C Température eau de réfrigération ( eau de mer).

Pour le démarrage, l'alternateur est utilisé comme moteur, la puissance est fournie par le réseau électrique.

La puissance électrique fournie au réseau par un courant triphasé 50 HZ à et 400 kV de tension nominale côté Haute Tension du transformateur élévateur, à la sous-station de Terga. Le facteur de puissance est choisi par l'opérateur entre 0.80 et 0.91, celui ci étant mesuré aux bornes de l'alternateur.

La production de la centrale est réglée en contrôlant la charge de la turbine à gaz en fonction des exigences de production générale de la centrale.

Autrement, la centrale comporte des installations auxiliaires qui sont :

- Ateliers.
- Equipements de stockage de combustible.
- Equipements de stockage des eaux.
- Station de traitement et de pompage d'eau de mer.
- Système de canalisation.
- Chaudière auxiliaire.

### 5.2. Vue générale des composants et systèmes majeurs : [2]

La centrale de Terga est composée de trois Blocs à une seule ligne d'arbre.

La ligne d'arbre comprend la turbine à gaz entraînant le turboalternateur via un accouplement rigide. La turbine à vapeur est accouplée via un embrayage auto commutable synchrone sur l'autre côté de l'alternateur. Cette disposition permet de démarrer et d'arrêter la turbine à vapeur indépendamment de la turbine à gaz, alors que la turbine à gaz est déjà en fonctionnement.

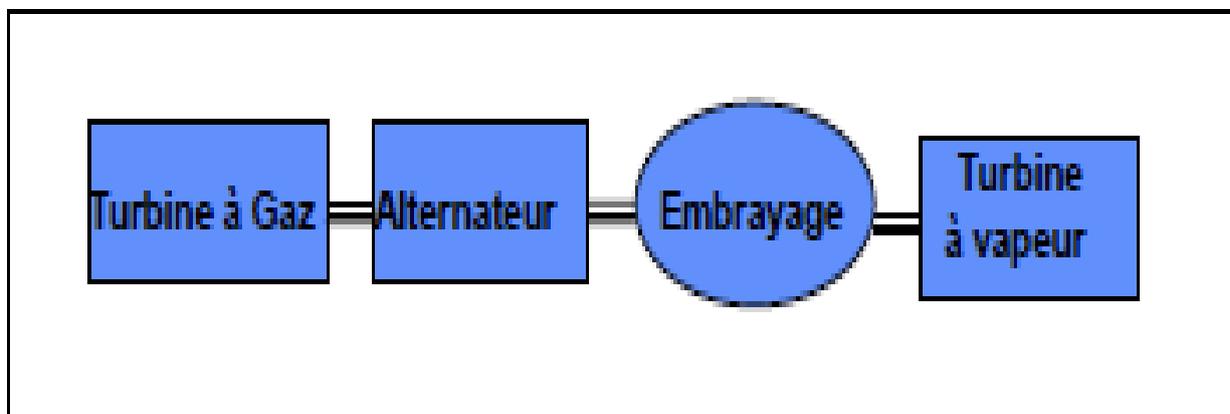


Figure 4 schéma de la ligne d'arbre

#### 5.2.1. Turbine à gaz :

La turbine à gaz de type GT26 d'ALSTOM comprend un rotor constitué d'un étage turbine « haute pression », de 4 étages turbine « basse pression », de 22 étages compresseur, et deux chambres de combustion annulaires (les brûleurs EV et SEV), appliquant le principe de combustion séquentielle.

L'étage HP se trouve en aval des brûleurs EV et en amont des brûleurs SEV.

L'air en entrée de la TG est filtré dans le bloc de prise d'air. Le rotor est couplé de façon rigide à l'arbre de l'alternateur.

Le débit d'air à travers la turbine à gaz est régulé par la position angulaire de trois aubes mobile d'admission (AMA), placées devant les trois premiers rangs d'ailettes du compresseur. A charge partielle (au-dessus de 60 % de charge TG environ), le contrôleur TG garde la température du gaz d'échappement constante à son maximum afin d'obtenir un rendement maximum du cycle combiné. La température d'entrée de la turbine (TET) est ajustée par le contrôle de l'injection du combustible et les AMA.

Pour assurer le refroidissement et l'étanchéité de la TG, de l'air est soutiré du compresseur à différents étages. Deux de ces extractions d'air sont partiellement refroidies à l'extérieur de la TG, l'air BP sert à refroidir les brûleurs SEV, les premiers étages de la turbine BP et son rotor, l'air HP sert principalement à refroidir la turbine HP et son rotor. Les échangeurs pour refroidir l'air HP et BP sont alimentés par les circuits d'eau alimentaire, cette eau est vaporisée à travers ces échangeurs et est ensuite réinjecter dans les circuits vapeur.

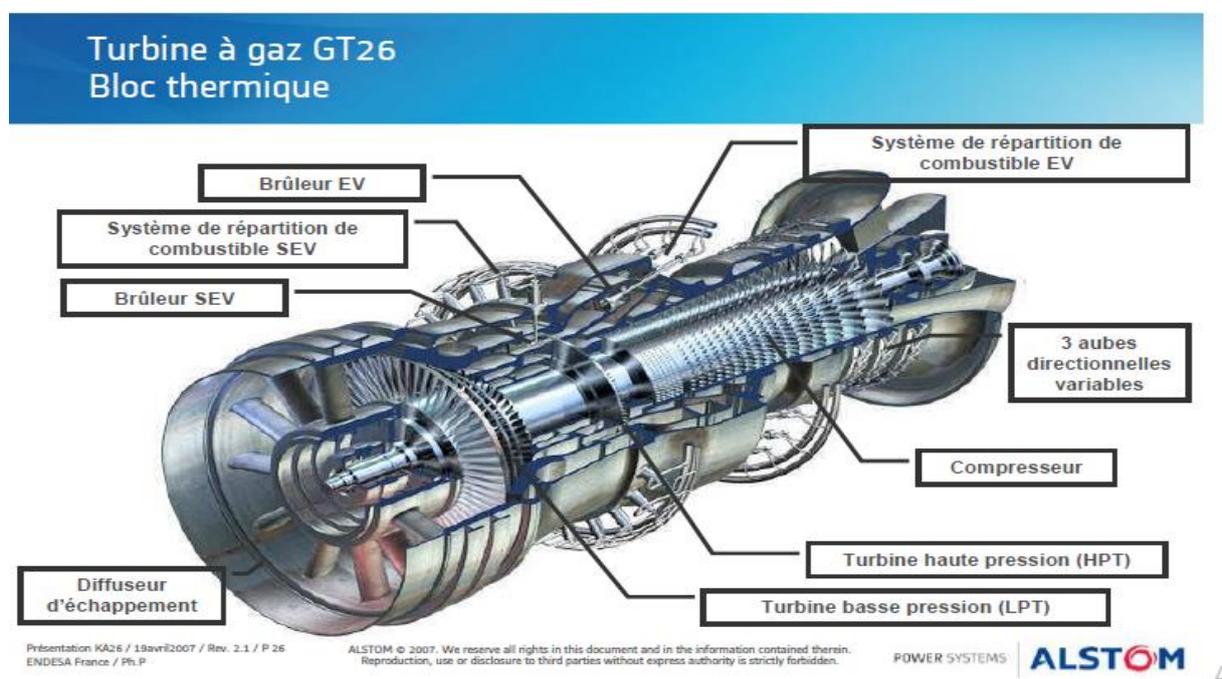


Figure 5 Turbine a gaz GT26

### 5.2.1.1. Alternatives de combustibles pour les turbines à gaz :

- **Le fuel léger :**

Le fuel léger est compatible avec la conception des turbines à gaz. Une huile légère de grande qualité est utilisée dans les centrales électriques pour éviter d'endommager l'équipement. Elle est proportionnellement plus coûteuse que le gaz naturel. Les émissions atmosphériques résultant de sa combustion sont relativement élevées, mais restent dans les limites autorisées par la loi égyptienne sur les affaires environnementales.

- **Le fuel lourd :**

Les turbines à gaz ne sont pas compatibles avec le fuel lourd. Elles sont conçues uniquement pour fonctionner au gaz naturel et au mazout léger. En outre, le fuel lourd est connu pour ses émissions excessives de polluants atmosphériques ; il pollue donc les eaux de surface et les sols par les dépôts secs et humides.

- **Le gaz naturel :**

Le gaz naturel est la meilleure option du point de vue environnemental et social, en sa qualité de source d'énergie propre se distinguant par sa faible teneur en soufre, et donc par ses émissions réduites. Il induit de meilleurs effets sur l'environnement physique, et donc sur la santé publique dans les zones environnantes. Il est compatible avec la conception de turbines.

### **5.2.2. Alternateur :**

L'alternateur ALSTOM (type 50WT21H-120) est entraîné à la fois par la turbine à gaz et par la turbine à vapeur. La puissance est produite à une tension de 20kV.

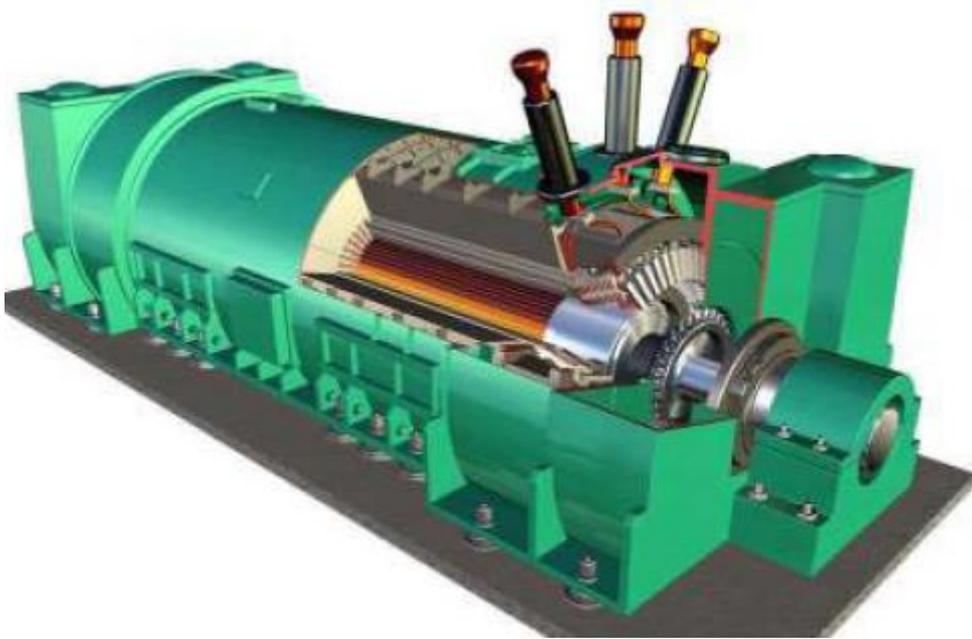
L'alternateur, à trois phases et deux pôles synchrones, est refroidi à l'hydrogène.

L'hydrogène est ensuite refroidi dans des échangeurs à eau se trouvant dans l'enceinte de l'alternateur.

La chaleur issue de ces échangeurs est transférée à l'eau de refroidissement (Circuit fermé d'eau de refroidissement), qui est ensuite refroidi par le circuit principal d'eau de refroidissement.

L'hydrogène de refroidissement est stocké dans des bouteilles. L'étanchéité de l'hydrogène vis à vis de l'atmosphère est assurée par une unité d'huile d'étanchéité. Le rotor alternateur est accouplé rigidement à l'embrayage.

L'alternateur est utilisé comme un moteur synchrone de démarrage alimenté par un convertisseur statique de fréquence. L'énergie de démarrage est fournie par le réseau Haute Tension, à travers le transformateur élévateur.



**Figure 6 Schéma d'un alternateur**

### 5.2.3. Embrayage :

L'embrayage permet de connecter la TV à l'alternateur, alors que celui-ci est déjà entraîné par la TG :

- L'embrayage s'engage automatiquement aussitôt que le couple de la TV devient positif; c'est-à-dire aussitôt que la vitesse de la TV a tendance à dépasser celle de l'alternateur.
- L'embrayage se désengage automatiquement aussitôt que le couple de la TV devient négatif; c'est-à-dire aussitôt que la vitesse de la TV a tendance à passer en dessous de celle de l'alternateur.



**Figure 7 Vue réel d'un embrayage**

### 5.2.4. Turbine à vapeur :

La Turbine à vapeur ALSTOM, possède deux corps, trois pressions, et une resurchauffe.

Le premier corps est l'étage haut pression (HP) et le deuxième corps de la turbine se compose des étages moyens pression (MP) et basse pression (BP).

Le corps MP/BP est à double flux.

Les deux rotors des corps HP et MP/BP sont liés entre eux par un accouplement rigide.

Le rotor HP est également lié à l'embrayage par un accouplement rigide

La vapeur est admise dans les corps HP et MP au travers des organes d'admission incluant les vannes d'arrêt et de contrôle.

L'admission HP est réalisée par un bâtiment dans lequel les vannes sont montées en série, et l'admission MP utilise deux bâtiments où les vannes d'arrêt et les vannes de contrôle sont entièrement intégrées dans le même corps sphérique bridé au corps externe MP.

La vapeur vive HP, régulée par une vanne d'arrêt et une vanne de contrôle, entre dans le corps HP et se détend jusqu'à la pression de la vapeur à resurchauffer.

La vapeur à resurchauffer est mélangée avec la vapeur MP produite par la chaudière de récupération avant d'être resurchauffée dans la chaudière de récupération.

La vapeur BP entre dans la turbine à travers une vanne d'arrêt et une vanne de contrôle.

La vapeur issue du corps échappement BP de la turbine est envoyée au condenseur.

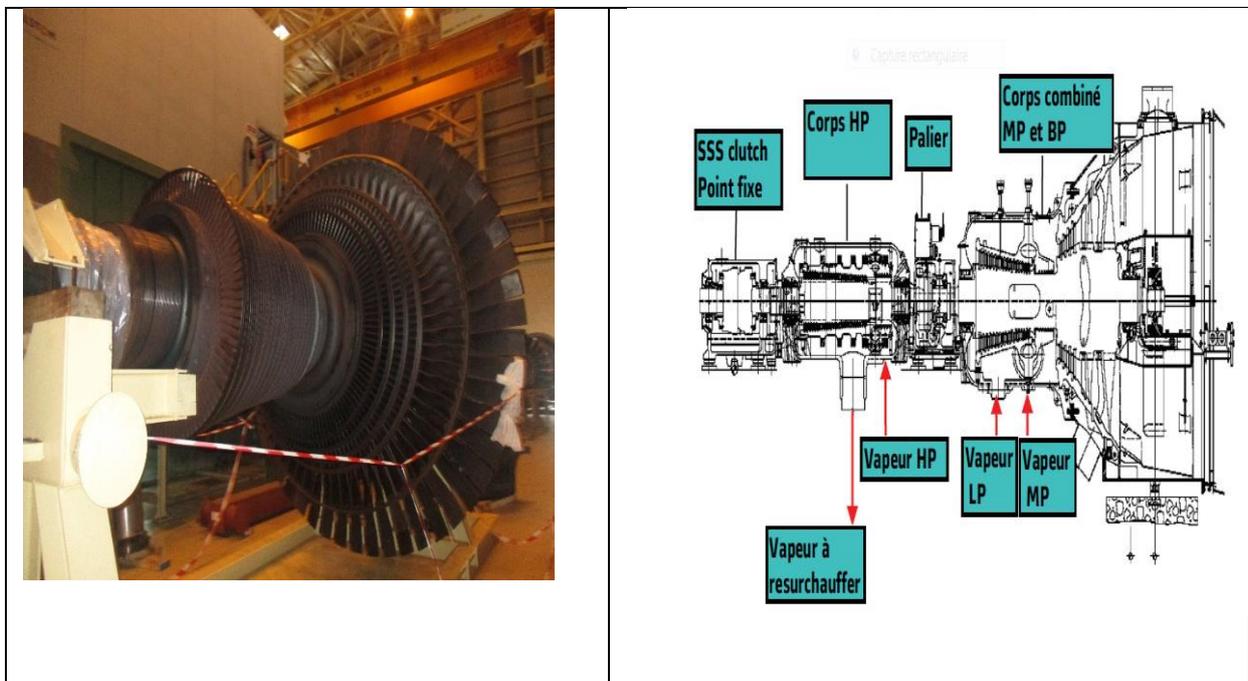


Figure 8 Turbine à vapeur

### 5.2.5. Chaudière de récupération :

La chaudière de récupération est de design horizontal. Elle fonctionne en mode de circulation naturelle pour les trois niveaux de pression BP, MP, et HP.

La chaleur, contenue dans les gaz d'échappement de la turbine à gaz, sert de source de chaleur pour produire la vapeur (vapeur réchauffée, vapeur surchauffée HP, MP, et BP) Les pompes alimentaires HP/MP alimentent la chaudière de récupération.

L'eau alimentaire BP est extraite en aval du deuxième rang économiseur MP/BP.

L'eau alimentaire HP, MP et BP est réchauffée dans les économiseurs et stockée dans les ballons respectifs (HP, MP et BP).

Chaque niveau de ballon est régulé par une vanne de contrôle.

La vapeur saturée est produite dans les évaporateurs HP, MP, et BP.

La vapeur HP provient de la surchauffeur à plusieurs étages HP, la vapeur MP du resurchauffeur, via le surchauffeur MP, la vapeur BP est également surchauffée.

En sortie de la chaudière de récupération, les vapeurs HP et MP sont désurchauffées avec l'eau alimentaire extraite des économiseurs HP et MP respectivement.

De l'eau extraite de l'économiseur HP alimente les réfrigérants d'air TG.

Il est possible de réguler la température de l'eau alimentaire en amont des réfrigérants, dans une certaine plage, grâce à une extraction en amont du premier économiseur HP si nécessaire (une vanne manuelle de contrôle ajustée durant la mise en service est prévue à cet effet).

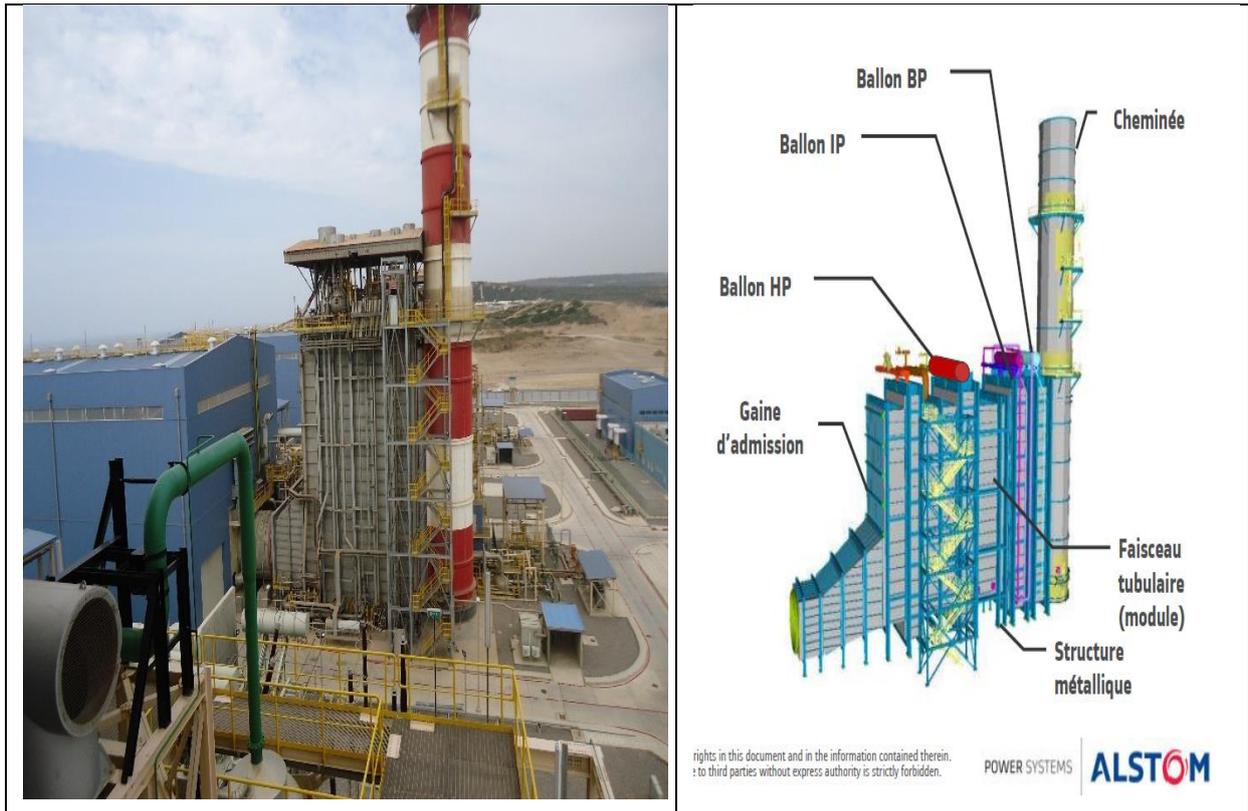
Une extraction en aval de l'économiseur MP alimente en eau un préchauffeur de gaz combustible afin d'augmenter sa température à d'entrée de la TG d'environ 15°C à 150°C, ceci afin d'améliorer le rendement global du cycle combiné.

L'eau sortant du préchauffeur de gaz est renvoyée à la bache alimentaire.

Le ballon de purges chaudière recueille les purges de la chaudière de récupération et des réfrigérants d'air TG.

Le ballon de reprise des purges externes recueille les purges de la vapeur à resurchauffer, la vapeur surchauffée et la vapeur resurchauffée.

Les purges continues des ballons HP, MP et BP sont amené au ballon d'éclatement chaudière. Après séparation, la vapeur va à la bache alimentaire et les condensats sont envoyés au ballon de purges chaudière mentionnés ci-dessus.



**Figure 9 Chaudière de récupération**

### 5.2.6. Cycle eau vapeur :

#### 5.2.6.1. Condenseur :

L'installation est de design axial refroidi à l'eau de mer. Le condenseur est constitué de deux faisceaux double passe. Afin d'opérer le condenseur avec un seul demi condenseur, les boîtes à eau sont divisées. Du fait de l'augmentation de la pression à l'échappement de la TV, la puissance produite est dans ce cas réduite.

Les gaz incondensables côté vapeur sont extraits de chaque faisceau de tube à l'endroit le plus froid, la pression partielle de vapeur y est plus basse. La vapeur condensée est envoyée dans le puits du condenseur, qui sert ainsi de capacité de stockage.

Le ballon d'éclatement des purges est raccordé au condenseur et recueille les purges internes de la turbine à vapeur.

La phase vapeur est renvoyée au condenseur et les condensats sont renvoyés au puits du condenseur.

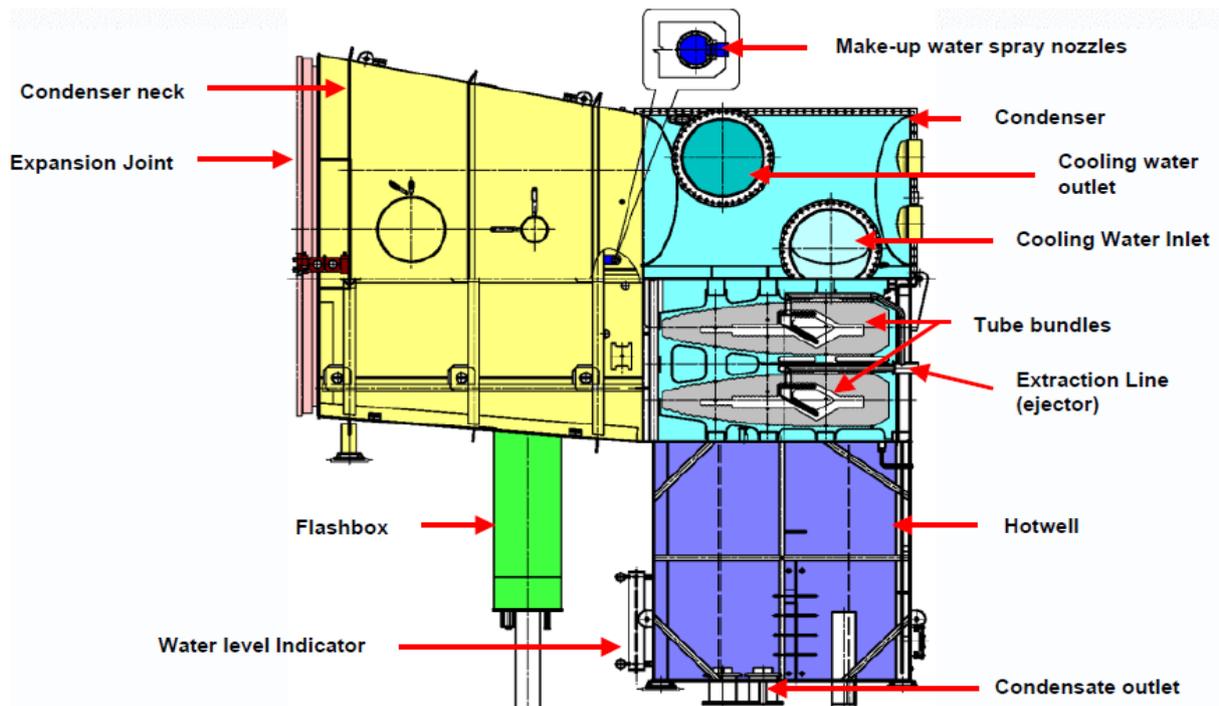


Figure 10 Condenseur

### 5.2.6.2. Pompes d'extraction des condensats :

Les pompes principales d'extraction (2x100%) sont de type vertical.

En fonctionnement normal, une pompe est en service. Le deuxième reste en secours.

La pompe de secours est mise en marche automatiquement si la pompe en fonctionnement est défaillante ou si le contournement de la turbine vapeur est en marche à charge élevée.

### 5.2.6.3. Système d'évacuation du Condenseur (Côté Vapeur) :

Le système d'évacuation se compose d'un éjecteur de démarrage 1x100 % et de deux éjecteurs de maintien 2x100%.

Les éjecteurs évacuent la vapeur côté condenseur pendant le démarrage et extraient les gaz non-condensables pendant le fonctionnement des réfrigérants d'air du condenseur.

La vapeur vive pour les éjecteurs est prise de la ligne de vapeur à resurchauffer et les incondensables extraits sont envoyés à l'atmosphère.

La vapeur condensée de l'éjecteur de service est envoyée au ballon d'éclatement.

Une vanne de détente régule la pression de la vapeur à l'entrée de l'éjecteur de démarrage et une deuxième vanne de contrôle réduit la pression de vapeur à l'entrée des éjecteurs de service.

### 5.2.6.4. Bâche alimentaire / Dégazeur :

Une Bâche alimentaire munie d'un dégazeur stocke l'eau alimentaire pour la chaudière de récupération, préchauffe et dégaze les condensats principaux.

En fonctionnement normal au gaz, le préchauffage de l'eau alimentaire est Effectué par la vapeur extraite du corps BP de la turbine à vapeur.

En fonctionnement à basse charge ou au gasoil, le préchauffage est fait avec la vapeur extraite de la ligne de vapeur à resurchauffer.

### 5.2.6.5. Pompes alimentaires :

Les deux (2x100%) pompes alimentaires HP de type horizontal munies d'extraction pour l'eau alimentaire MP/BP 2x100% sont à plusieurs-étages, et possèdent des filtres à l'aspiration et des vannes de débit minimum. En fonctionnement normal, une pompe est en service.

Le deuxième reste en secours. La pompe de secours est mise en marche automatiquement en cas de défaillance de la pompe en service.

### 5.2.6.6. Ballon de récupération des purges à l'atmosphère :

Le ballon de récupération des purges à l'atmosphère recueille les purges externes à la turbine à vapeur. Après séparation la vapeur est envoyée à l'atmosphère et les condensats sont renvoyés au système de traitement des effluents.

Un système de lavage est nécessaire pour éliminer les traces de potasse contenues dans le gaz.

Un support de gaz est utilisé pour stocké l'hydrogène et agit comme tampon entre l'électrolyseur et l'installation de compression.

### 5.2.7. Système d'alimentation en combustible :

#### 5.2.7.1. Système d'alimentation en gaz :

Le gaz est amené en limite de site par la tuyauterie de gaz du client, commune aux trois unités de la centrale. Le gaz combustible est ensuite purifié de toute humidité et poussière dans le poste de traitement. Par la suite en fonction de la pression du gaz, celui-ci est soit détendu dans la station de réduction de pression soit comprimé par les compresseurs de gaz. La pression du gaz combustible est ajustée à la pression requise par le système de combustion de la turbine à gaz.

### 5.2.7.2. Système d'alimentation en gasoil :

Le poste de dépotage du gasoil permet le remplissage des réservoirs de stockage à partir des camions citernes. Ce poste de dépotage est équipé d'un système de comptage du débit transféré depuis les camions vers le réservoir. Depuis les réservoirs de stockage, les pompes de transfert (2x100 % par unité) assurent l'alimentation de la turbine à gaz. Un circuit secondaire permet également le remplissage du réservoir journalier du groupe électrogène et des chaudières du système de dessalement.

### 5.3. Les unités communes de la centrale (BOP):[2]

#### 5.3.1. La station de pompage :

Le système se compose de la tuyauterie d'amenée de l'eau de mer constitué de 5 pipes, ainsi un autre bassin de filtration avec 6 dégrilleurs et 6 filtres rotatifs pour éliminer tout les impuretés, de plus 06 pompes de transfert vers le bassin de tranquillisation.

Le système se compose aussi des trois pompes de dilution pour refroidir le rejet à une température de 25°C.



Figure 11 stations de pompages

#### 5.3.2. L'unité d'électrochloration :

La production sur site d'une solution d'hypochlorite de sodium à partir d'eau de mer est réalisée par un processus électrochimique produisant une électrolyse partielle du chlorure de sodium contenu dans l'eau de mer.

L'installation est essentiellement constituée des équipements suivants:

- Pompes boosté d'alimentation d'eau de mer.
- Filtres de type autonettoyant automatique.

- Système de production d'hypochlorite de sodium
- Stockage de l'hypochlorite de sodium et système de ventilation d'hydrogène H<sub>2</sub> : deux réservoirs de stockage, deux ventilateurs de circulation d'air.
- Pompes de dosage continu d'hypochlorite de sodium.
- Système de nettoyage des électrolyseurs utilisant l'acide chlorhydrique HCl.
- Unités de conversion électrique constituée d'un transformateur et d'un redresseur.

### 5.3.3. L'usine de dessalement :

L'usine de dessalement se compose de deux unités M.S.F (Multi-Stages Flashing), ayant chacune une capacité de production de distillat de 960 m<sup>3</sup>/jour, et fonctionnant à une température de l'eau de mer au sommet allant jusqu'à 90°C; les deux unités fonctionneront de façon complètement indépendante et seront équipées de moyens adéquats pour un contrôle approprié de tous les paramètres du processus dans les différentes conditions opérationnelles.



Figure 12 unités de dessalement

### 5.3.4. L'unité de déminéralisation :

L'eau déminéralisée est produite par passage sur un lit rempli avec un mélange de résines cationiques et anioniques.



**Figure 13 unités de déminéralisation**

### 5.3.5. La station de production d'eau potable :

La station a pour fonction de reminéraliser l'eau dessalée en utilisant l'hydro-calcite afin de produire de l'eau potable et de la distribuer aux différents consommateurs. L'eau dessalée sera dirigée, à débit constant par les pompes d'alimentation d'eau, jusqu'aux échangeurs de bore.

Le système comprendra un système de deux échangeurs de bore entièrement automatisés.

Un échangeur de bore travaille comme filtre de polissage : l'eau sera stockée dans un réservoir d'eau potable qui servira de réserve pour les deux pompes de transfert. La quantité d'hydro calcite s'épuisera avec le temps et des chargements manuels devront être effectués avant d'être distribuée par les pompes de transfert. L'hypochlorite de sodium sera dosé dans l'eau pour la désinfection.



**Figure 14 stations de production eau potable**

### **5.3.6. La station de production d'hydrogène :**

L'installation comprend :

- Un électrolyseur.
- Un groupe de lavage et de refroidissement.
- Un gazomètre.
- Deux compresseurs avec sécheurs.
- Les tuyauteries, pompes et accessoires.
- Les équipements électriques.
- Les équipements de contrôle et de commande à distance.



**Figure 15 stations de production d'hydrogène**

### 5.3.7. Station d'air comprimé :

L'air comprimé requis par la centrale est produit dans une station d'air comprimé centralisée, composée de 2 compresseurs (un en fonctionnement normal et l'autre de secours), à partir de laquelle l'air est distribué aux différents utilisateurs. Toutes les zones principales sont alimentées en air de service pour les opérations de maintenance. La station d'air comprimé fournit :

- L'air instrument.
- L'air de service.



Figure 16 Station d'air comprimé

### 5.4. Distribution Electrique:[2]

#### 5.4.1. Transformateurs éleveurs de tension de l'alternateur :

Le transformateur principal de l'alternateur est utilisé pour élever la tension générée (20KV) jusqu'au maniveau de tension du réseau du client (400KV). Le transformateur est équipé d'un système de refroidissement à l'huile et à l'air forcé(ONAF).

#### 5.4.2. Trois Transformateurs auxiliaires d'unité (soutirage) :

Le transformateur de soutirage est dimensionné pour alimenter les consommateurs des auxiliaires de tranche, celles des auxiliaires généraux et éventuellement assurer l'alimentation des auxiliaires d'une autre tranche pour effectuer sa mise à l'arrêt en sécurité. Les auxiliaires généraux sont alimentés par une seule tranche à la fois. Caractéristiques principales:

- Transformateur de puissance immergé dans l'huile, triphasé, à deux enroulements
- Refroidissement ONAN / ONAF.

- Régleur en charge.
- Couplage des enroulements Dyn1.
- Neutre côté BT à haute impédance.

### 5.4.3. Deux transformateurs de démarrage normal de la TG (Tranches 1 & 2) :

Caractéristiques principales :

- Transformateur de puissance immergé dans l'huile, triphasé, à deux Enroulements
- Refroidissement ONAN / ONAF.
- Couplage des enroulements Dy1.

### 5.4.4. Deux équipements de démarrage statique (CSF) :

Les principaux composants de l'équipement de démarrage statique « CSF » sont les suivants :

- Disjoncteur(s) moyenne tension (DMT) MVB.
- Convertisseur Statique de Fréquence (CSF) avec :
- Unité de commande / surveillance
- Bobine de réactance
- Excitation de démarrage
- Convertisseurs à thyristor

En fonctionnement normal, la puissance utilisée pour démarrer la turbine à gaz est fournie au convertisseur Statique de Fréquence (CSF) par le réseau HT via le transformateur de démarrage TG en soutirage des barres alternateur 20KV, et le disjoncteur moyenne tension (DMT). En démarrage « Black Start » la puissance utilisée pour la turbine à gaz est fournie par le groupe électrogène de « Black Start » via le transformateur auxiliaire de démarrage TG connecté au tableau MT de distribution Black Start.

### 5.4.5. Trois systèmes d'excitation statique :

Caractéristiques principales :

- Réponse de l'alternateur rapide grâce aux caractéristiques d'excitation statique
- Commande programmable à grande vitesse
- La commande numérique garantit le temps de réponse et de commande le plus rapide
- Régulation de tension automatique à deux canaux
- Haut rendement

### 5.4.6. Alimentation secourue Black Start :

Description générale de l'équipement :

Le système de secours sera composé d'un ensemble de plusieurs groupes électrogènes diesel de « Black Start ». Les groupes seront connectés sur un tableau MT « distribution secours et black Start » 6,6 kV situé à proximité des groupes, ce tableau comporte une liaison avec le tableau des auxiliaires généraux 6,6 kV qui assure la distribution vers les tableaux de tranches 6,6 KV au travers des inter-liaisons vers ces tableaux. Ceci permet l'alimentation en énergie du transformateur de démarrage de la TG concernée et des auxiliaires MT et BT devant être en service lors du démarrage de celle-ci.

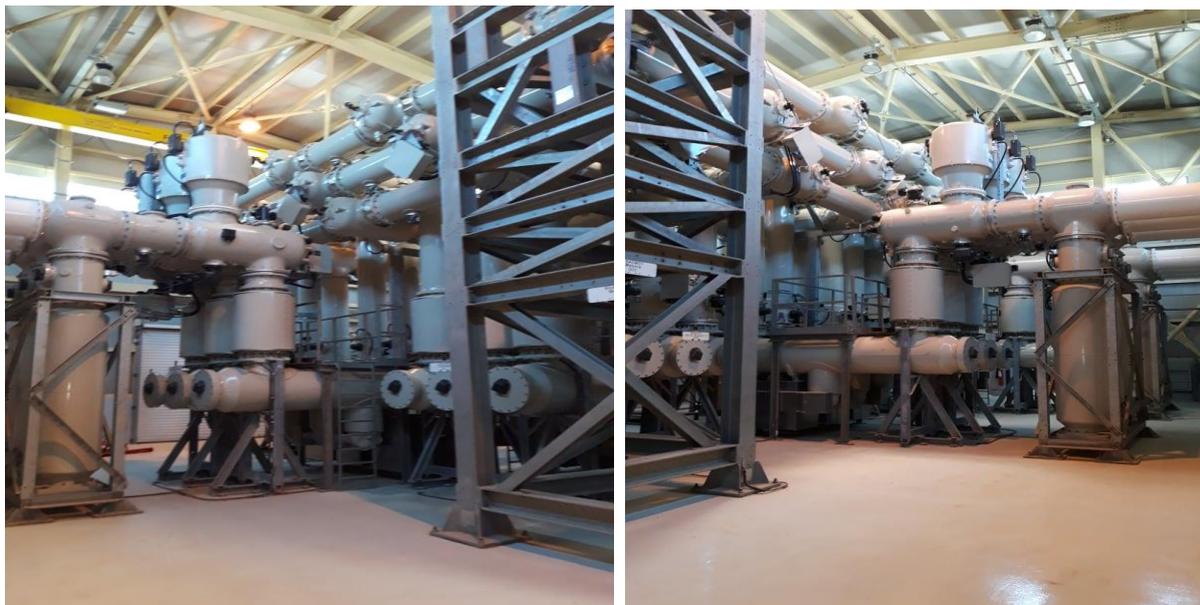


**Figure 17 système de secours (Black Start)**

### 5.4.7. Poste blindé:

C'est le point de liaison de la centrale avec le réseau nationale algérienne et le point de l'évacuation de l'énergie produite par la centrale, Configuration :

- Double barre avec isolation au gaz (SF6).
- Trois postes de groupe depuis les transformateurs du cycle.
- Trois postes de sortie de ligne.
- Poste de couplage.
- Poste mesure de barres.



**Figure 18 Poste blindé**

### **5.4.8. Jeu de barres sous gaines alternateur et point neutre alternateur :**

Les jeux de barres sous gaines, isolées dans de l'air pressurisée, et tous les équipements nécessaires, permettent de relier les bornes alternateur à celles du transformateur principal via le disjoncteur d'alternateur.

### **5.4.9. Disjoncteur de l'alternateur :**

Le disjoncteur de l'alternateur (GCB) est de type SF6.

Le GCB permet de synchroniser l'alternateur sur les réseaux HT par l'intermédiaire du transformateur Principal.

### **5.4.10. Protection électrique :**

La protection numérique se compose de deux systèmes, voie A et B assurant les fonctions de Protection principales et de secours des systèmes suivants :

Transformateur principal

Alternateur

Transformateur de soutirage

Transformateur d'excitation

Transformateur de démarrage (pour TG 11 et 21 uniquement) et leurs convertisseurs statiques de démarrage.

### 5.4.11. Tableaux de distribution MT 6.6 KV :

Les tableaux moyenne tension sont constitués de tiroirs débloqués équipés de disjoncteurs pour les arrivées tableaux, les liaisons inter-tableaux, les départs d'alimentation des transformateurs MT /BT et des moteurs.

### 5.4.12. Tableaux de distribution BT 400V :

Chaque unité de la centrale est équipée :

- De deux tableaux alimentant les auxiliaires normaux.
- D'un tableau alimentant les auxiliaires essentiels ainsi que les chargeurs CC et les ASI (alimentation sans interruption)

Les tableaux communs de la centrale sont équipés :

- De deux tableaux 90BFA/90BFB alimentant les auxiliaires généraux permanents.
- D'un tableau 90BMA alimentant les auxiliaires généraux essentiels ainsi que les chargeurs CC et les ASI (alimentation sans interruption).
- Des tableaux de distribution pour les unités de dessalement, de traitement d'eau etc...
- D'un tableau de distribution pour l'éclairage normal 90BHR.
- D'un tableau de distribution pour l'éclairage secouru (90BMR).
- D'un tableau 90BFD alimentant les auxiliaires de la station de pompage



Figure 19 tableaux de distribution BT

### 5.4.13. Système courant continu(CC) et alimentation sans interruption :

Ces systèmes de production et de distribution 220V CC, 110V CC, 24V CC et 230V CA alimentent les équipements de protection, de contrôle et de supervision de la centrale.

## 6. Conclusion :

La capacité supplémentaire nationale de production d'électricité au cours de la période 2017-2027 sera de 21 307 MW, dont 20 994 MW ont déjà été décidés et 313 MW sont en projets.

La centrale électrique de TERGA participe dans cette production avec 10%, c'est une des grands complexes implanté en Algérie.

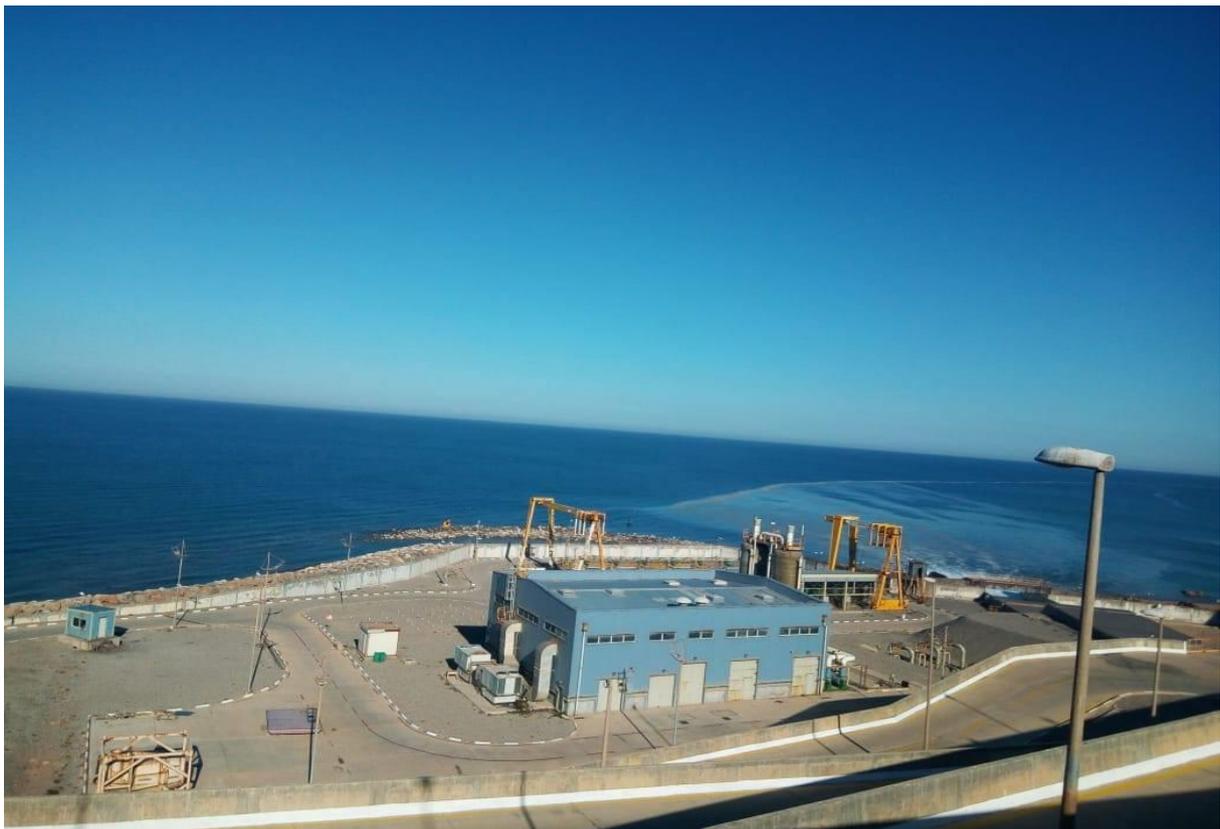
La mission principale de la centrale est la production de l'énergie électrique pour couvrir les besoins de la wilaya d'Ain Témouchent et ses environs et d'autre wilayas, en incluant d'autres missions secondaires tels que la production de l'eau dessalée, l'hypochlorite de sodium, l'hydrogène pour répondre aux leurs besoins internes.

# Chapitre II

### 1. Introduction :

L'electrochloration est un procédé de traitement qui évite également tout stockage et toute manipulation de produits dangereux. C'est une technique qui permet la production d'une solution diluée d'hypochlorite de sodium à partir d'une solution de chlorure de sodium. donc il est développé principalement pour la protection des circuits de refroidissement des plateformes offshore, des centrales électriques ou usines alimentées en eau de mer contre la prolifération des algues et des mollusques.

Dans ce chapitre nous présentons une description du procédé et du fonctionnement de l'installation de production d'hypochlorite de sodium par SEVERN TRENT DE NORA (STDN), sur le site de la centrale électrique de TERGA, en Algérie.



**Figure 20 Station D'Electrochloration**

### 2. Description générale : [3]

La production sur site de solution d'hypochlorite de sodium à partir de l'eau de mer brute est faite au moyen d'un processus électrochimique produisant une électrolyse partielle du

chlorure de sodium contenu dans l'eau de mer, qui passe à travers des électrodes anodiques et cathodiques alimentées en courant direct.

L'eau de mer filtrée (toile filtrante de 500 µm) est emmenée vers le générateur d'hypochlorite de sodium. Chaque Seacolor® est composé d'un ensemble d'électrolyseurs et d'un poste redresseur. Les trois électrolyseurs sont branchés électriquement en série au redresseur.

Les trois électrolyseurs sont également branchés hydrauliquement en série, de manière à ce que les flux d'eau de mer s'écoulent d'abord depuis le premier électrolyseur puis passent à travers le deuxième avant de sortir en direction du réservoir de stockage de l'hypochlorite de sodium et de dilution de l'hydrogène.

Le gaz d'hydrogène s'échappe de la phase liquide dans la partie supérieure du réservoir et il est entraîné par l'air de dilution afin de conserver la concentration en H<sub>2</sub> d'environ 1 % volume.

L'hypochlorite de sodium produit à partir de l'eau de mer brute est suffisamment stable pour tolérer, sans perte importante de chlore, les durées de stockage exigées pour le traitement de choc, avec des injections de chlore régulièrement espacées au cours de la journée et le renouvellement correspondant de la solution d'hypochlorite dans le système de stockage.

De longues périodes de stockage, comme deux jours ou plus, ne doivent pas être considérées comme des caractéristiques de conception.

La solution finale d'hypochlorite de sodium est fournie aux utilisateurs au moyen de pompes centrifugeuses.

### 3. Philosophie de fonctionnement et de contrôle du système : [3]

- Le système d'electrochloration fonctionne automatiquement et manuellement par le système IHM API
- Le système est contrôlé par l'affichage graphique du système IHM ou le statut de chaque article alimentaire et l'étape de traitement sont indiqués ainsi que le débit volumétrique, le débit intégrer, la température et tous les autres paramètres de contrôle.
- L'alarme sélectionnée et des paramètres opérationnels sont affichés dans la salle de contrôle local pour que l'opérateur puisse examiner le statut de fonctionnement du système.
- Le système est équipé des matériels adéquats pour assurer son efficacité et l'opération effective et pour prévenir les conséquences néfastes aux étapes de traitement en aval.
- Ce système se compose de deux électrolyseurs avec un transformateur et un redresseur. l'électrolyseur fonctionne et arrêt par le panneau de contrôle local.

- Chaque unité susmentionnée se compose d'un alternateur (électrolyseur) de l'hypochlorite de sodium conçu pour produire  $82\text{kg/h}$  de  $\text{Cl}_2$  disponible à pleine capacité. Le système est conçu pour fonctionner automatiquement, sous le contrôle D'API, après que l'opérateur fait exploiter ou mettre en attente les unités. Le matériel est arrêté automatiquement par le dispositif de sécurité, En outre, l'opérateur, l'opérateur peut faire arrêter le matériel le matériel manuellement. L'opérateur peut mettre en attente par IHM le matériel qui est en fonction.

Les principaux équipements:

- Pompe d'alimentation d'eau de mer.
- Filtre autonettoyant.
- Electrolyseur.
- Transformateur/Redresseur de courant.
- Réservoir de stockage de solution d'hypochlorite.
- Pompe d'injection de solution d'hypochlorite pour dosage continu.
- Pompe d'injection de solution d'hypochlorite pour dosage intermittent du choc.
- Extracteur d'hydrogène gazeux.
- Réservoir de stockage d'acide.
- Pompe de nettoyage acide.
- Détecteur d'hydrogène.
- Bassin de neutralisation.

#### **4. Fonctionnement du système :**

##### **4.1. Fonctionnement normale :[7]**

###### **4.1.1. Filtration :**

###### **4.1.1.1. Filtre autonettoyants :**

En fonctionnement normal, l'eau de mer est envoyée au filtre autonettoyant automatique.

La cuve du filtre contient les éléments de filtration.

Pendant la filtration, l'eau de mer brute pénètre par le fond de la cuve du filtre et les tubes d'entrée.

Les solides sont laissés en arrière sur les parois d'entrée des éléments de filtration alors que l'eau de mer passe au travers des mailles de filtration vers le compartiment d'eau de mer filtrée et de là jusqu'à la buse de sortie.

Dès que la pression différentielle à travers le filtre atteint le point de consigne du contact de pression différentielle haute, la séquence de lavage à contre-courant est activée.

Le moteur du filtre démarre afin de faire tourner l'ensemble de lavage à contre-courant et la vanne de sortie du lavage est ouverte.

Si le contact de pression différentielle ne revient pas dans des valeurs acceptables, une alarme "anomalie filtre" se déclenche.



**Figure 11 Filtration autonome**

### **4.1.1.2. Filtre à l'arrêt :**

Le filtre qui ne fonctionne pas est isolé en fermant les vannes entrée / sortie correspondantes. Il est recommandé par le vendeur de vider complètement le filtre, de le remplir avec de l'eau douce et de le vider ensuite de manière à supprimer les dernières traces de sels contenues dans l'eau de mer, et finalement de laisser le filtre vide jusqu'à ce qu'il soit remis en service.

### **4.1.1.3. Filtre en anomalie :**

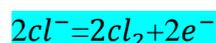
Dans le cas où la pression différentielle du filtre est plus élevée que la valeur spécifiée, Et / ou si le résultat du lavage à contre-courant n'est pas satisfaisant en cas d'alarme "anomalie filtre", les actions correctives suivantes doivent être effectuées :

- Démarrer le filtre en stand-by, i.e. remplir le filtre préalablement fermé, en ouvrant les vannes correspondantes.
- Fermer le filtre en anomalie (en fermant les vannes d'isolement correspondantes).
- Ouvrir les vannes d'évent et de purge afin de vider le filtre en question pour des raisons de maintenance.

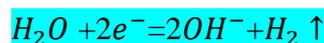
### 4.1.2. Production d'hypochlorite de sodium : [5]

La production d'hypochlorite de sodium (chlore disponible) est basée sur le passage de courant continu à travers une solution aqueuse de chlorure de sodium (NaCl), qui est totalement dissocié à  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  ; les réactions chimiques et électrochimiques suivantes se produisent :

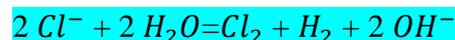
- Le chlore est produit sur l'anode :



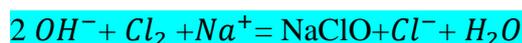
- L'hydrogène est produit sur la cathode avec la formation correspondante d'ion d'hydroxyle :



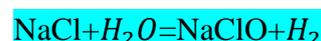
- La réaction totale électrochimique est la suivante :



- Ensuite les ions de chlore et d'hydroxyle réagissent en produisant de l'hypochlorite et des chlorures :



- La réaction électrochimique globale peut être exprimée comme suit :



### 4.1.3. Réservoir de stockage et de dégazage:

La solution d'hypochlorite de sodium produit, et son sous-produit, l'hydrogène, sont envoyés vers le système de stockage, Les réservoirs de stockage sont indépendants et se trouvent à l'extérieur du conteneur.

Les réservoirs permettent de stocker l'hypochlorite de sodium produit, Le fond du réservoir est conique afin de convoyer les dépôts de calcium et de magnésium vers l'aspiration des pompes de dosage.

Ceci pourrait se produire en l'absence de purges fréquentes du fond (avec par conséquent une perte de l'hypochlorite de sodium produite), ou quand l'aspiration de la pompe est située à un niveau trop élevé.

Si le niveau diminue / augmente dans le réservoir, les unités Seaclor® sont automatiquement mises en route ou arrêtées.

En fonctionnement normal le contrôle est effectué par un contact et un transmetteur de niveau. Si les générateurs sont arrêtés, l'alimentation en eau de mer vers les générateurs est arrêtée, avec un temps de retard, de manière à évacuer l'hydrogène.

Généralement, le générateur d'hypochlorite peut être démarré automatiquement comme suit: quand le niveau bas configuré à été atteint dans le réservoir de stockage, le ventilateur en service est démarré automatiquement et la vanne de contrôle du débit est ouverte à 30 %. Ensuite, après expiration de la temporisation configurée (réglable de 0 à 1 minute), le contrôleur de débit augmente graduellement l'évacuation.

Finalement, le redresseur redémarre automatiquement au moyen de la suppression des impulsions d'amorçage du thyristor.



**Figure 22 Bacs de stockage**

#### **4.1.4. Ventilateurs de circulation d'air : [5]**

2 x 100 % ventilateurs de circulation d'air, sont fournis afin de diluer l'hydrogène dans le réservoir de stockage.

Le gaz hydrogène s'échappe de la phase liquide dans la partie supérieure du réservoir.

Un ventilateur de circulation d'air est toujours en fonctionnement. Un deuxième ventilateur est mis en attente. En cas de panne du ventilateur en fonction, le ventilateur en attente se met immédiatement en route. Par conséquent un débit continu d'air traverse le réservoir afin de maintenir la concentration en hydrogène dans le réservoir et la tuyauterie d'évacuation à environ 1 % par volume.



**Figure 23 Ventilateurs de circulation d'air**

### 4.1.5. Système de dosage d'hypochlorite de sodium : [5]

Le système est conçu pour fournir un dosage à la fois continu et choc. L'installation est conçue pour fournir les performances suivantes :

- Capacité nominale :

**3 x 83 kg/h Cl<sub>2</sub> disponible**

- Débit eau de mer a traité :

**16,000-111,000 m<sup>3</sup>/h**

- Dosage :

-Continu : **2 mg/l**

-choc : **5mg/l**

### 4.1.5.1. Pompes d'injection :

4 x 33 % pompes centrifuges sont fournies pour le dosage continu / choc. Ces pompes sont conçues pour un changement automatique suite à un contrôle de fonctionnement.

En cas de débit bas dans la ligne d'injection, les pompes sont équipées d'une ligne de recirculation vers le réservoir. Si c'est le cas, la vanne de recirculation on / off située sur la ligne de recirculation s'ouvrira pour permettre un débit correct au travers de la pompe pour éviter de la détériorer.

En cas de niveau très bas dans le réservoir d'hypochlorite de sodium, toutes les pompes de dosage sont arrêtées et la vanne automatique au refoulement est fermée pour protéger la pompe.



Figure 24 pompes d'injection

#### 4.1.5.1.1. Injection continue à la prise d'eau de mer :

- L'injection continue : est principalement réalisée sur la prise d'eau de mer en injectant une solution d'hypochlorite de sodium en proportion du débit total d'eau de mer à chlorer. L'injection en continu est effectuée dans les 5 embouchures de la prise d'eau de mer : chaque point d'injection d'hypochlorite de sodium est équipé d'une vanne manuelle et d'un indicateur de débit local permettant d'équilibrer le débit sur chaque embouchure de prise d'eau de mer.

- Alternative : l'injection en continu peut être effectuée dans les 5 embouchures de la prise d'eau de mer pour un pourcentage variable entre 60 et 100%. La partie restante sera dosée au niveau de la station de pompage avant l'aspiration des les pompes.

### 4.1.5.1.2. Injection choc à la prise d'eau de mer :

L'injection choc est réalisée uniquement dans la prise d'eau de mer et est basée sur le débit (mesuré par le client). Pendant l'injection choc il n'y a aucun contrôle effectué par les analyseurs de chlore.

Il sera possible d'activer ou de désactiver l'injection choc manuellement. L'injection choc peut être mise en route à n'importe quel moment, à condition qu'il y ait un volume suffisant de solution d'hypochlorite de sodium dans le réservoir de stockage. La fréquence et la durée de l'injection choc sera à 15 minutes toutes les 12 heures.

### 4.1.5.1.3. Injection d'hypochlorite pendant la dilution :

Quand la dilution est activé (3 pompes dédiées) cet a dire en cas de dépassement de la température limite pour l'eau de mer, il est conseillé d'injecter le chlore seulement a la prise d'eau de mer. Cette opération est réalisée pour ne pas dépasser 0,3 mg/l, même pendant la dilution.

## 4.2. Arrêt :[4]

- Après environ 3 ou 4 semaines de fonctionnement continu du redresseur, Un temporisateur arrêtera la production d'hypochlorite de sodium dans un générateur à la fois pour permettre le lavage à l'acide (6% p/p) de ce dernier.
- Si cela est nécessaire, le point de consigne du courant continu. est réglé sur zéro.
- L'arrêt de l'unité de conversion électrique est fait suivant les instructions du constructeur
- Après environ 5 minutes pour évacuer l'hydrogène du générateur avec de l'eau de mer, les vannes d'entrée / sortie du générateur sont fermées.
- Pour arrêter l'ensemble de l'installation, arrêter tous les générateurs, comme décrit précédemment.
- Les pompes boostées doivent être arrêtées aussi avec délai.
- Les réservoirs de stockage et le système de soufflage de l'air peuvent être maintenus en fonctionnement jusqu'à ce que le niveau bas ait été atteint.
- Pour finir, arrêter les pompes d'injection.
- Il est recommandé de rincer les conduites d'injection avec de l'eau de mer afin de supprimer tous les dépôts éventuels.
- Maintenir les ventilateurs de dilution de l'hydrogène en fonctionnement tant que l'hydrogène n'a pas été complètement supprimé du réservoir de stockage. Ensuite arrêter

manuellement le système de soufflage de l'air des réservoirs de stockage d'hypochlorite de sodium, quand l'opérateur est certain que tout l'hydrogène a été supprimé de la zone.

Par conséquent seuls les opérateurs sont autorisés à entrer dans la zone de la cellule ou dans toute autre zone où se trouvent des équipements électriques. Pendant l'opération d'electrochloration de la centrale, aucun travail sauf de commutation, de maintenance des soupapes et d'échantillonnage ne doit être effectué.

Si des outils en métal ou tout autre outil conducteur doivent être utilisés près des cellules électrolytiques pour effectuer de la maintenance, l'alimentation en courant des cellules électrolytiques doit être coupée avant afin d'empêcher tout court-circuit, et le signal de sécurité « Ne pas mettre en route – Unité en cours de maintenance » doit être placé sur l'armoire de contrôle du redresseur.

### 5. Unité de conversion électrique (Générateurs SEACLOR) :

#### 5.1. Introduction :[5]

La marque **SEACLOR** comprend une gamme complète de système électrolytique générant de l'hypochlorite de sodium en solution (eau de javel) à partir de saumure ou d'eau de mer.

- Un système **SEACLOR** est fondamentalement composé des éléments suivants:

-Un ou plusieurs électrolyseurs **SEACLOR**.

-Une source de courant continu (redresseur).

-Un ensemble jeu de barre ou de câbles assurant la connections des électrolyseurs au redresseur ainsi que l'interconnections des électrolyseurs voisins.

-Conduites entre les électrolyseurs

-Séparateurs phase liquide/phase gazeuse, qui extraient l'hydrogène généré par l'électrolyseur amont du flux d'eau de mer chlorée. Grâce à cet équipement le flux d'eau de mer approvisionnant les électrolyseurs en aval contient moins d'hydrogène. Par conséquent, la conductivité totale de l'eau de mer est améliorée car le phénomène d'apparition des bulles est moindre. Donc la consommation électrique diminue.

-Conduites reliant le système à l'approvisionnement d'eau de mer, au système de stockage de l'hypochlorite de sodium et au système de nettoyage acide.

-Instrumentation pour un fonctionnement fiable et sûr de l'installation **SEACLOR**

**SEACLOR** est également approprié pour des fonctionnements en milieu tropical ou marin.

Le système **SEACLOR** est conçu pour un fonctionnement continu et sans surveillance. Il ne nécessite que certains nettoyages et vérifications périodiques. Si les instructions de conduite de

Severn Trent De Nora sont respectées scrupuleusement par le personnel, le nettoyage par rinçage acide n'a pas d'impact sur les performances ou la durée de vie des électrodes spéciales qui équipent les électrolyseurs ou sur les matériaux qui constituent tout

L'assemblage (carcasse, capotage, conduits, robinetterie, etc.) **SEACLOR**.

Au contraire, ces opérations assurent la longévité et les performances de l'installation.

### 5.2. Disjoncteur :

Les disjoncteurs de moyenne tension pour intérieur de la série HD4/P emploient l'hexafluorure de soufre (SF6) pour l'extinction de l'arc électrique et comme moyen d'isolement entre les contacts principaux fixes et mobiles. Ils sont réalisés avec une technique de construction à pôles séparés. La commande mécanique est du type ESH, à accumulation d'énergie, à déclenchement libre, et permet les manœuvres d'ouverture et de fermeture indépendamment de l'action de l'opérateur.

Avec l'application de différents accessoires électriques prévus (motoréducteur, déclencheur d'ouverture, etc.), il est possible de commander le disjoncteur à distance La commande, les trois pôles, et les accessoires éventuels sont montés sur un châssis métallique.

La construction est particulièrement compacte, robuste, avec des poids réduits.

Les disjoncteurs abonnés ou disjoncteur principal disposent de 3 boutons :

- 1) bouton rouge pour couper le dispositif
- 2) bouton gris pour l'enclenchement
- 3) bouton blanc pour tester le fonctionnement du disjoncteur. Celui-ci précisément va vous permettre de vérifier la présence de courants.



Figure 25 disjoncteur moyen tension HD4



### 5.2.3. Secteurs d'emploi :

Les disjoncteurs HD4/P sont utilisés dans toutes les applications de la distribution secondaire de moyenne tension, et dans les cabines de transformation MT/BT des usines, alimentation des moteurs MT et ateliers du secteur industriel en général.

### 5.2.4. Relais de protection :

Les disjoncteurs de la série HD4/P, avec tension nominale jusqu'à 12 kV, peuvent sur demande être équipés des relais de protection.

Les relais de protection ABB (relais numériques) assurent des protections multiples, des fonctions de mesures et facilitent la transmission et la communication des mesures des grandeurs caractéristiques.

Les départs transformateurs MT/BT sont équipés de relais numériques comprenant des protections contre les surintensités et le défaut de terre.

Les départs moteurs MT sont équipés avec des relais de protection numériques de type moteur incluant les défauts instantanés de surintensité et de terre, surcharge thermique, déséquilibre de phase, supervision du démarrage et fonctions de blocage du rotor.



Figure 27 Unité multifonctionnelle de protection et de contrôle des tableaux

### 5.3. Transformateur (MT/ BT):

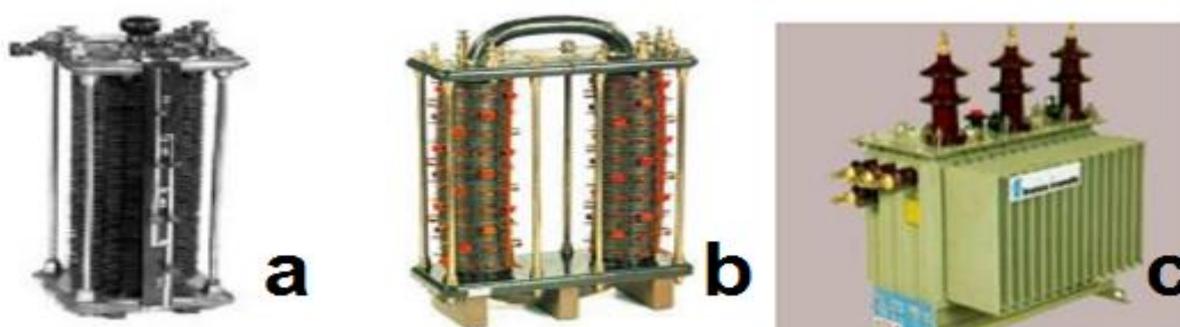
#### 5.3.1. Historique :[8]

En 1820, Hans Christian Oersted, physicien danois a découvert qu'un conducteur véhiculant un courant générant un champ magnétique. Entre les mois d'août et de novembre 1831

l'anglais Michael Faraday procéda à une série d'expériences avec un appareil constitué d'un anneau de fer et d'enroulements de fil de cuivre isolé. On finit alors par admettre l'intérêt du transformateur qui permet d'élever la tension délivrée par un alternateur et facilite ainsi le transport de l'énergie électrique par des lignes à haute tension.

Le transformateur de Goulard de 1886 n'a pas grand chose à envier aux transformateurs actuels, son circuit magnétique fermé est constitué d'une multitude de fils de fer annonçant le circuit feuilleté à tôles isolées. Ainsi, en 1885, les Hongrois Károly Zipernowsky, Miksa Déry et Otto Titus Bláthy mettent au point un transformateur avec un noyau annulaire commercialisé dans le monde entier par la firme Ganz à Budapest. Dans le même temps aux USA, W. Stanley développe également des transformateurs.

Actuellement les transformateurs sont très développés soit du côté de construction soit de conception (750/400 kV, 400/220 kV, 220/60 kV, 60/10 ou 30 kV, 10 ou 30kV/380 V).



**Figure 28 Types de transformateur**

- (a) Transformateur linéaire de Lucien Goulard.
- (b) Transformateur Lucien Goulard (1886) à circuit magnétique fermé.
- (c) Transformateur de distribution moderne.

### 5.3.2. Transformateur triphasé :

Un transformateur monophasé est destiné seulement à un système monophasé. Mais le transport ou la distribution de l'électricité se fait en triphasé. Le circuit magnétique d'un tel transformateur triphasé comporte ordinairement trois colonnes disposées dans un même plan. Chaque colonne porte un enroulement primaire et un enroulement secondaire et peut être considérée comme un transformateur monophasé. Les trois enroulements, primaires et secondaires, sont connectés en étoile, en triangle ou en ZIG-ZAG de sorte que le transformateur comporte trois bornes primaires et trois bornes secondaires seulement.

5.3.3. Symbole d'un transformateur : [9]

La figure montre le symbole de transformateur :



Figure 29 Symboles de transformateurs

5.3.4. Principe de fonctionnement :

L'enroulement primaire est soumis à une tension sinusoïdale. Il est donc traversé par un courant sinusoïdal et donne naissance à travers le circuit magnétique à un flux sinusoïdal. Ce flux engendre alors une force électromotrice induite  $E_1$  dans l'enroulement primaire et  $E_2$  dans l'enroulement secondaire. Au niveau des bornes du secondaire, apparaît alors une tension sinusoïdale de même fréquence que celle du primaire, mais d'une amplitude différente comme il est montré dans la figure.

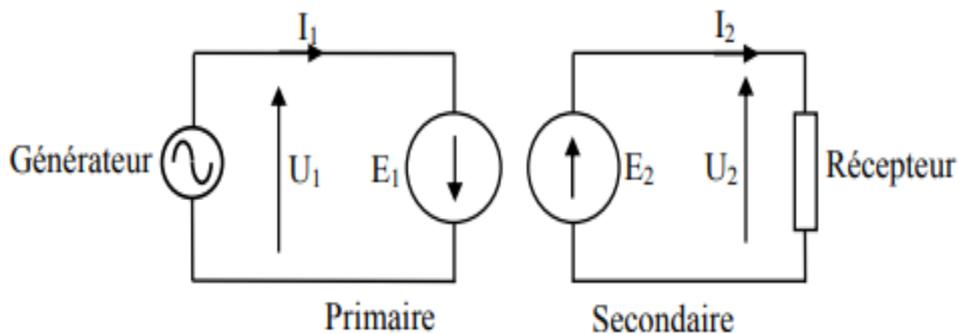


Figure 30 Schéma qui montrent le principe de fonctionnement du transformateur

La force électromotrice maximale au primaire et au secondaire est donnée par l'équation :

$$E_1 = \pi\sqrt{2} n_1 f \Phi_{max}$$

$$E_2 = \pi\sqrt{2} n_2 f \Phi_{max}$$

### 5.3.5. Description générale du transformateur MT /BT du système Electrochloration: [10]

Les transformateurs MT/BT abaissent la tension du réseau MT pour alimenter les auxiliaires BT de la centrale. Les transformateurs MT/BT sont de type sec enrobé.

Le circuit magnétique des transformateurs est constitué de tôles en acier laminé à froid, à grains orientés et à faible pertes magnétiques. Chaque tôle est recouverte des deux côtés d'un isolant non affecté par les températures de service normal du transformateur. Le circuit magnétique des transformateurs est bridé et serré afin de garantir un maintien mécanique adéquat permettant de supporter le bobinage, prévenir le décalage des tôles au cours du transport et réduire les vibrations en fonctionnement.

Les enroulements des transformateurs sont de forme cylindrique et disposés de manière concentrique. Le noyau et les enroulements sont refroidis naturellement par l'air (AN). L'isolation externe (enrobage) est réalisé à l'aide d'un mélange de résine époxy et de poudre de quartz. La conception et la fabrication de ces transformateurs ont pour avantage que le bobinage ne requiert pas de maintenance, est étanche et adapté à un fonctionnement dans un environnement dit « tropicalisé ».

### 5.3.6. Données techniques du transformateur (MT/BT):

Type du transformateur : MF *Transformatori*

Nombre de phases : 3

Puissance nominale : 520 KVA

Température ambiante de design : 45 °C

Facteur de puissance : 0,9

Rapport de transformation nominal (à vide) : 6,6 / 0.104 kV

Tension secondaire (à 4/4 charge) : 104 V

Fréquence nominale : 50 Hz

Courants nominaux (Primaire /secondaire) : 46 A/ 2515 A

Symbole de couplage : Dyn 11

## 5.4. Redresseur :

### 5.4.1. Introduction :

Nous appelons souvent les convertisseurs statiques qui font la conversion alternatif-continu comme montage redresseur. Il est alimenté par une source de tension alternative dans notre

cas une source alternative triphasée, qui alimente en courant continu une charge branché à sa sortie. Leurs domaines d'applications sont très vastes, tel que :

- Les variateurs de vitesse des moteurs à courants continus.
- Les alimentations stabilisées en *CC*.
- variateurs de vitesse pour moteurs alternatifs et à courant continu.
- chargeurs de batterie.
- liaison à courant continu (*HVDC*).
- alimentation des systèmes informatiques et audio visuels.
- dispositifs d'éclairage de nouvelle génération.

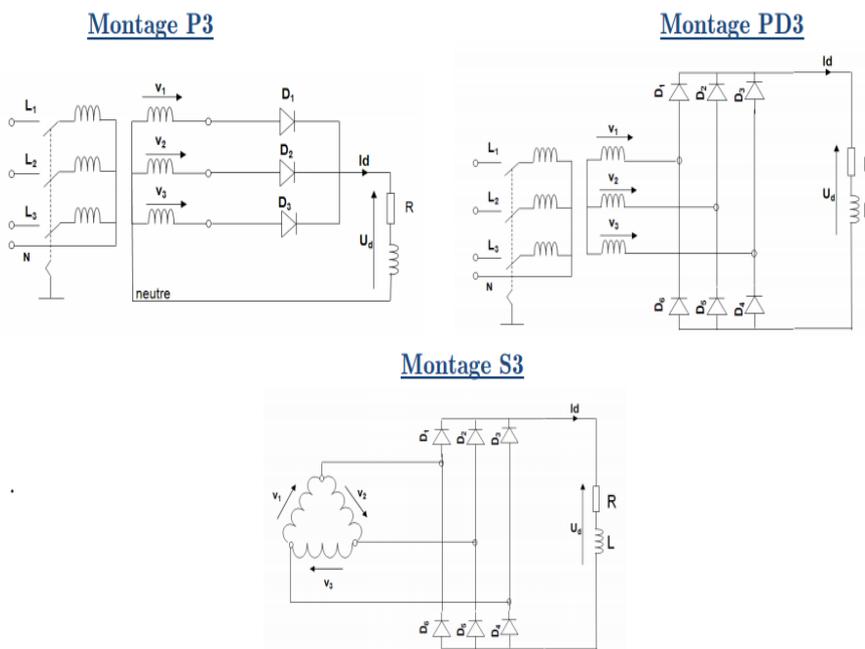
### 5.4.2. Description du redresseur triphasé

Les montages redresseurs, souvent appelés simplement redresseurs, sont les convertisseurs de l'électronique de puissance qui assurent directement la conversion alternatif continu. Alimentés par une source de tension alternative monophasée ou polyphasée, ils permettent d'alimenter en courant continu le récepteur branché à leur sortie.

### 5.4.3. Types des redresseurs : [6]

On distingue trois types de montages :

- **Pq** : montages avec source en étoile et un seul commutateur ou redresseur "simple alternance».
- **PDq** : montages avec source en étoile et deux commutateurs ou redresseurs "en pont";
- **Sq** : montages avec source en polygone et deux commutateurs ou redresseurs "en pont" avec source polygonale.



**Figure 31 Montages des types de redresseurs**

### 5.4.3. Donnés technique :

Redresseurs : type ELCA

Composition : Redresseur à thyristors

Circuit de rectification : 3 ponts de phases

Tension CC nominal : 140 VCC

Courant continue nominal : 2800 ACC.

Raccordement électrique : barres en cuivres

Refroidissement : AF (air forced)

Tension auxiliaire : 400 VAC

Mode de fonctionnement : continue

### 5.5. L'électrolyseur :

#### 5.5.1. Historique : [11]

La première électrolyse par courant continu (électrolyse de l'eau) a été réalisée le 2 mai 1800 par deux chimistes britanniques, William Nicholson et sir Anthony Carlisle quelques jours après l'invention de la première pile électrique par Alessandro volta et grâce à celle-ci. J. R. Deiman et A. Paets van Troostwijk avaient déjà réalisé une électrolyse de l'eau en 1789<sup>1</sup> au moyen d'une machine électrostatique et d'une bouteille de Leyde sans réussir à interpréter la réaction observée.

L'électrolyse est une méthode qui permet de réaliser des réactions chimiques grâce à une activation électrique. C'est le processus de conversion de l'énergie électrique en énergie chimique. Elle permet par ailleurs, dans l'industrie chimique, la séparation d'éléments ou la synthèse de composés chimiques. Elle intervient aussi dans la classification des corps purs. L'électrolyse est utilisée dans divers procédés industriels tels que la production de dihydrogène par électrolyse de l'eau, la production d'aluminium ou de chlore ou encore pour le claquage d'objets par galvanoplastie.

### 5.5.2. Electrolyseur Seaclor 3 VX.200 : [5]

L'électrolyseur modèle 3 VX.200 Seaclor® est composé de trois modules d'électrolyseur, de type VX.200 et chaque module d'électrolyseur est composé de 10 Cellules électrolytiques de construction modulaire, branchées en série électriquement et hydrauliquement pour former un « ensemble d'électrode » qui est installé dans un corps d'électrolyseur entièrement fabriqué avec des matériaux isolés électriquement et résistants à la corrosion (PVC + GRP).

Les cellules modulaires sont bipolaires.

Cela signifie que la cathode de chaque cellule électrolytique est branchée directement sur l'anode de la cellule.

Les cathodes sont en titane et les anodes sont dimensionnellement stables DSA® (Titane + revêtement) ce qui préserve leurs profils et les caractéristiques de tension même dans les pires conditions de fonctionnement pour les anodes.

Une des caractéristiques d'un « assemblage d'électrodes » est la facilité de remplacement des électrodes installées dans les électrolyseurs. Les électrolyseurs sont conçus pour permettre le remplacement d'un groupe d'électrodes par un ensemble de rechange, très rapidement, sans avoir besoin d'outil spécifique ou de main d'œuvre spécialisée.

### 5.5.3. Principaux éléments de régulation : [5]

Les éléments de régulation fournis pour un système **SEACLOR** comprennent :

- Un système de contrôle automatique pour stabiliser le courant continu alimentant les électrolyseurs.
- Une boucle de régulation électrique ajustant l'intensité de courant continu requise.
- Instrument de mesure de l'intensité et de la tension du courant continu
- Instrument de mesure du débit d'approvisionnement en eau de mer;
- Équipement de sécurité pour protéger les électrolyseurs contre les faibles débits d'eau de mer, un défaut du redresseur ou un défaut propre des électrolyseurs (Haute température au refoulement).

### 5.5.4. Composition du générateur Seaclor : [5]

-Le générateur **SEACLOR** comprend électrolyseurs agencés en un ensemble commun qui est connecté au redresseur et aux conduites procédé.

-Le générateur **SEACLOR** est approvisionné en eau de mer.

-Le principe de génération d'hypochlorite de sodium sur site consiste à soumettre un flux d'eau de mer à des électrodes alimentées en courant continu dans des cellules d'électrolyse

-Chaque électrolyseur est de 10 cellules modulaires.

-Mécaniquement, les 4 électrolyseurs de chaque ensemble sont connectés en série. L'eau de mer transite dans le premier puis le deuxième électrolyseur; puis l'hydrogène est évacué par le séparateur de phase liquide/phase gazeuse; puis la solution d'hypochlorite continue dans le troisième et le quatrième électrolyseur alors que l'hydrogène s'échappe du haut du séparateur; enfin l'hypochlorite et l'hydrogène produit sont collectés.

-Electriquement, les 4 électrolyseurs sont connectés en série.

L'ensemble transformateur/redresseur est conçu pour alimenter les générateurs en courant continu. L'armoire de contrôle du redresseur inclut les alarmes, les mesures, les régulations et les protections pour conduire l'installation en sécurité.

### 5.5.5. Principe d'électrolyseurs : [5]

La matière à décomposer ou à transférer est dissoute dans un solvant approprié, ou fondue de sorte que ses ions constitutifs soient disponibles dans la solution.

-Une différence de potentiel électrique est appliquée entre deux électrodes immergées dans cette solution.

-La cathode est le siège d'une réduction et, l'anode le siège d'une oxydation. Le potentiel de l'anode étant supérieur (ou égal dans un pile court circuit) au potentiel de la cathode on peut dire que l'anode est la borne positive et que la cathode est la borne négative. Notons que ces bornes sont inversées dans le cas d'une pile.

-Lors du passage d'un courant électrique continu, les électrodes attirent à elles les *ions* de charge opposée.

A l'anode se produit donc une réaction d'oxydation tandis que la cathode est le siège d'une réaction de réduction. De même, les anions (-) migrent toujours vers l'anode (+) tandis que les cations (+) migrent vers la cathode (-).



**Figure 32** Vue réelle des électrolyseurs

### 5.5.6. Composition de l'électrolyseur : [5]

Dans la conception des cellules **SEACLOR** la configuration, de type bipolaire, est formée par un assemblage d'électrodes en forme de plaque plate et rectangulaire.

- Les électrodes plaques ont une configuration bipolaire, c'est à dire qu'une moitié de la plaque est une anode des 2 cotés et que l'autre moitié est une cathode des 2 cotes.
- Les cellules sont maintenue en places par des tirants et des entretoises qui les attachent à 2 plaques plastiques sur le coté
- Dans cette configuration, 10 cellules modulaires sont intégrée dans l' ensemble commun formant l'électrolyseur.
- La continuité électrique des cellules en série est assurée par la bipolarité des électrodes. En pratique les cathodes de chaque cellule sont directement connectées aux anodes de la cellule suivante.
- La première et la dernière cellule sont équipées de plaque de distribution de courant continu. La cellule est fixée à la suivante par des connecteurs filetés (ou bridés). Elle est connectée au redresseur par un jeu de barres (ou des câbles)
- Chaque installation **SEACLOR®** est confiné dans une enveloppe, le corps de l'électrolyseur, constitué d'un matériau isolant électrique et ayant une excellente résistance à la corrosion.
- L'avantage décisif de l'assemblage d'électrode est sa facilité de remplacement ne nécessitant pas d'équipement spécifique ou une main d'œuvre spécialisée.

### 6. Réactions chimiques et électrochimiques : [5]

- La production d'hypochlorite de sodium est basée sur l'imposition d'un courant continu à une solution de chlorure de sodium ( $\text{NaCl}$ ), qui est totalement dissociée en  $\text{Na}^+$   $\text{Cl}^-$ .
- La réaction principale est la formation d'hypochlorite de sodium à l'anode.
- De l'hydrogène est dégagé à la cathode avec la formation correspondante d'ion hydroxyde  $\text{OH}^-$ .
- Des réactions chimiques et électrochimiques secondaires ont lieu en parallèle de la réaction principale
- Réaction du  $\text{Mg}^+$  et du  $\text{Ca}^+$  avec  $\text{OH}^-$  et  $\text{CO}_3$ .
- pour donner les sels insolubles correspondants.
- Dégagement d'oxygène
- Formation de chlorate
- Réduction cathodique de l'hypochlorite au chlorure.
- Les réactions secondaires ont un impact sur l'efficacité du courant continu. Il faut donc un courant continu plus intense qu'en théorie.
- La cinétique de la réaction nécessite une puissance supplémentaire du fait des courants induits impliquant des sur potentiels d'électrode et des chutes de la résistance ohmique de la solution.

Schéma de l'électrolyse de l'eau de mer :

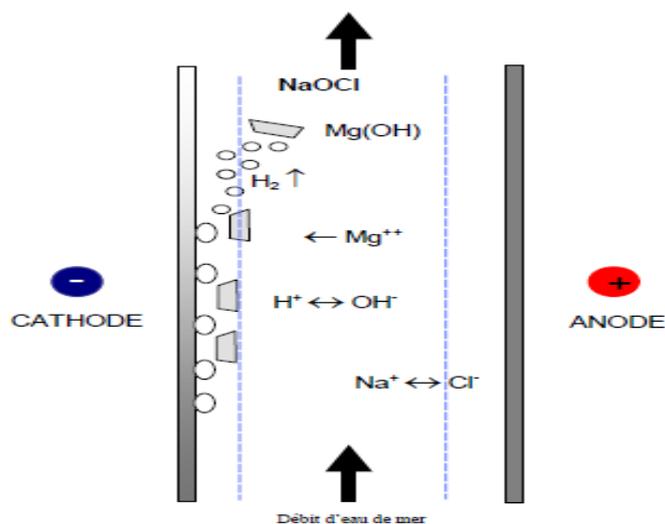


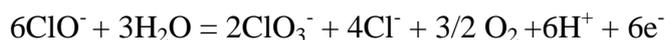
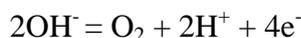
Figure 33 Schéma qui montrent la réaction chimique dans l'électrolyseur

### 6.1. Réactions anodiques :

- Réaction principale :

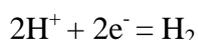


- Réactions secondaires :

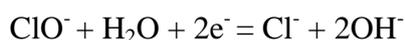


### 6.2. Réactions Cathodiques :

- Réaction principale :

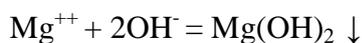


- Réaction secondaire :



### 6.3. Réactions chimiques :

- Précipitation de l'hydroxyde de Magnésium :



- Précipitation du carbonate de calcium :



- Décomposition de l'Hypochlorite en présence d'impuretés comme Fe, Co, Ni :



- Formation de chlorate: cette réaction est très lente dans les conditions de fonctionnement (pH, T) :



## 7. Efficacité de l'Electrochloration :

Rendement et efficacité de l'unité Electrochloration sur la production d'énergie électrique : Cette unité est indispensable pour la production d'énergie électrique par ce que sans désinfection de l'eau de mer utilisée au niveau de la centrale électrique il y aura des différentes difficultés sur plusieurs système et processus par exemple il y aura un bouchage au niveau du condenseur c.à.d. un mauvais vide en plus une mauvaise condensation de l a vapeur

de TV alors il y a une baisse sur la totalité de mégawatts produites au lieu d'avoir 400MW on peut voir le minimum de charge. Parmi les problèmes d'absence de la désinfection on des dégâts sur notre équipements Comme les systèmes de filtration, les pompes et leurs accessoires. À partir de ce rôle on ne peut pas négliger le fonctionnement de cette unité, et il y avait des dégâts énormes dans autres centrale qui utilisent l'eau comme sources.

### **8. Conclusion :**

Nous avons conclu dans ce chapitre que l'unité d'electrochloration est très nécessaire et joue un rôle très important dans une centrale de production d'énergie électrique.

La chloration de l'eau de mer permet de protéger le circuit d'eau de mer (condenseur, conduite d'amenée d'eau de mer ...) contre tout encrassement pouvant être causé par des microorganismes marins.

Nous avons vu aussi le fonctionnement du système d'Electrochloration ainsi que ces principales parties.

# Chapitre III

### 1. Introduction :

La qualité d'une installation électrique repose essentiellement sur sa capacité à préserver la sécurité des personnes et des biens.

A cette fin, le système de protection doit détecter les fonctionnements électriques anormaux dus aux défauts d'isollements des conducteurs, surcharges prolongées, surtensions, déséquilibre...

Dans ce chapitre on va présenter les schémas électriques des unités de conversion en mentionnant les défauts et les alarmes.

### 2. Circuits de puissances de l'unité de conversion électrique : [12]

Trois unités de conversion électrique indépendantes sont fournies, une pour chaque générateur.

Chaque unité est conçue pour alimenter l'unité de production d'hypochlorite correspondante avec du courant continu (CC), .. et peut être contrôlée automatiquement en continu.

Chaque unité est composée pour l'essentiel de :

- a) Un transformateur - redresseur ;
- b) Un redresseur contrôlé par un thyristor au silicium.

Les unités sont installées à l'intérieur.

L'armoire comprend un panneau de contrôle, qui inclut les alarmes, les déclencheurs et les équipements de mesure et de contrôle afin de protéger et de contrôler correctement l'unité. Un bouton poussoir d'arrêt d'urgence est situé sur chaque armoire T / R.

# Chapitre III : Etude électrique de l'unité de conversion

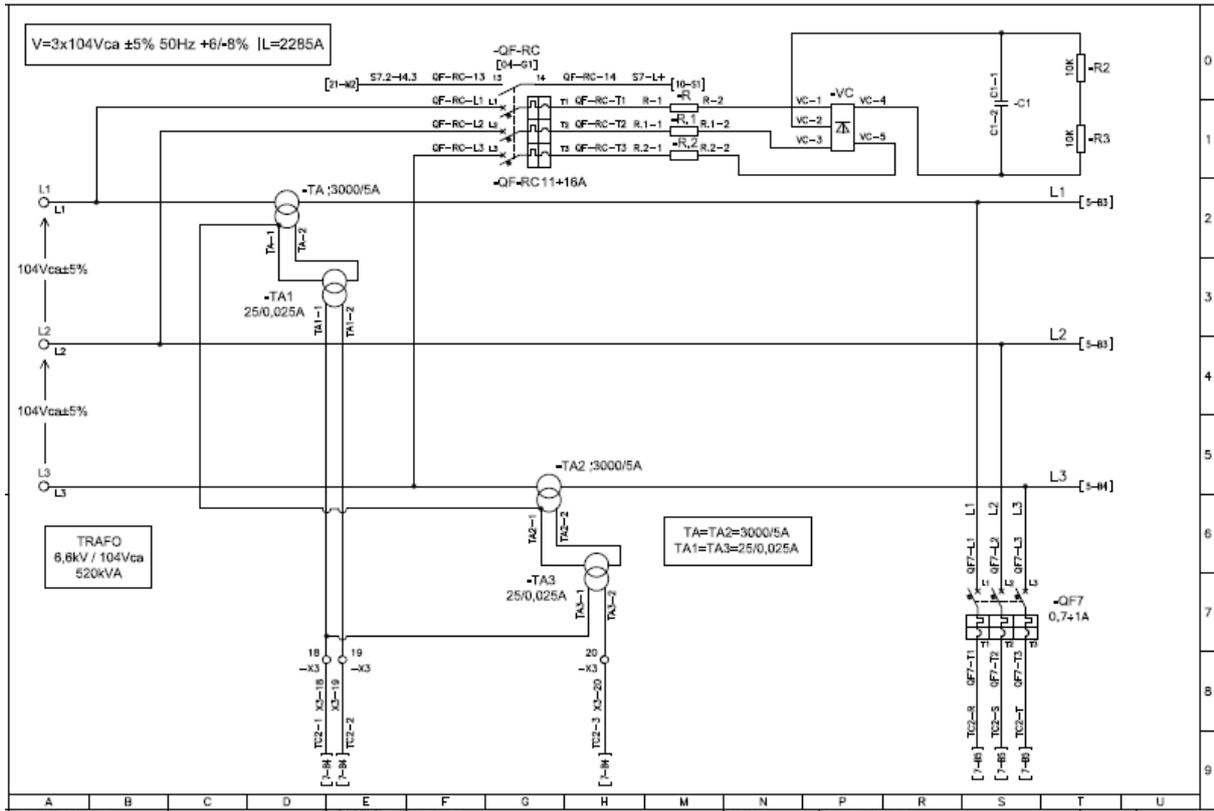


Figure 34 schéma de puissance générale de l'unité de conversion

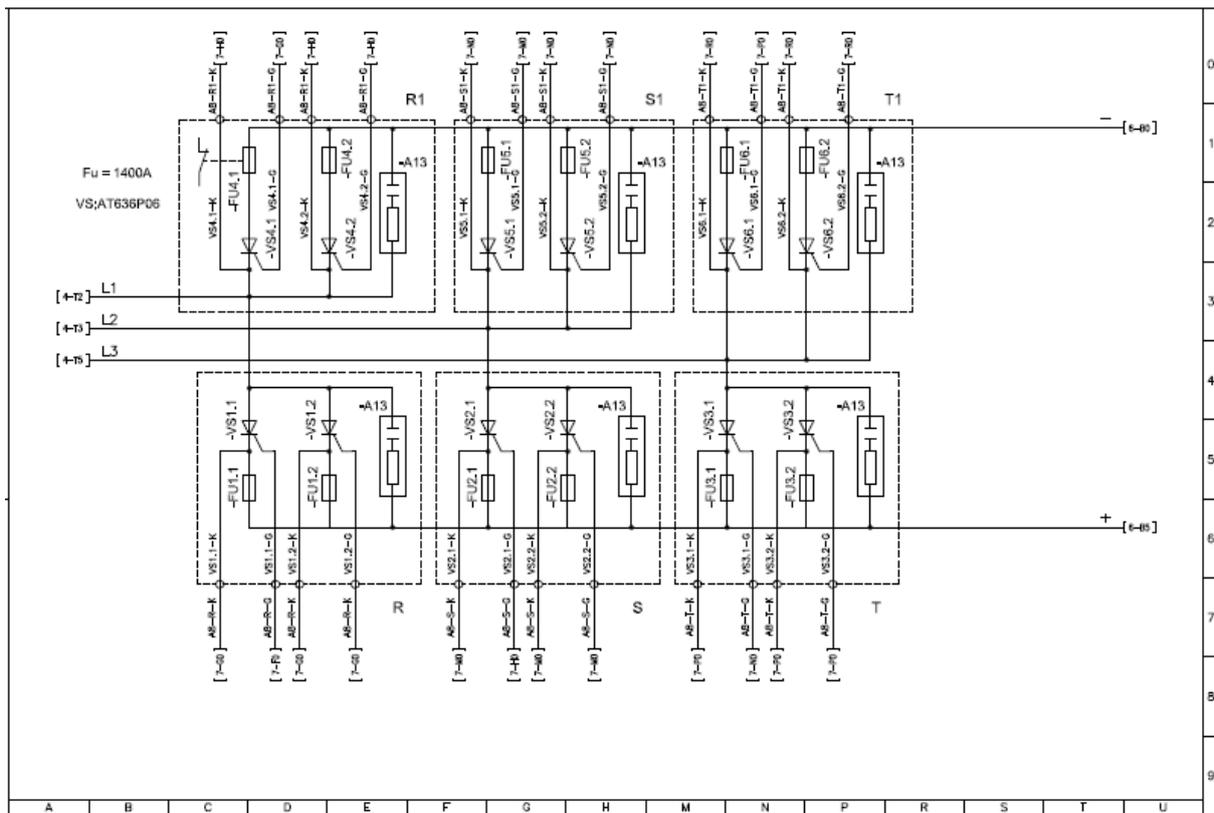
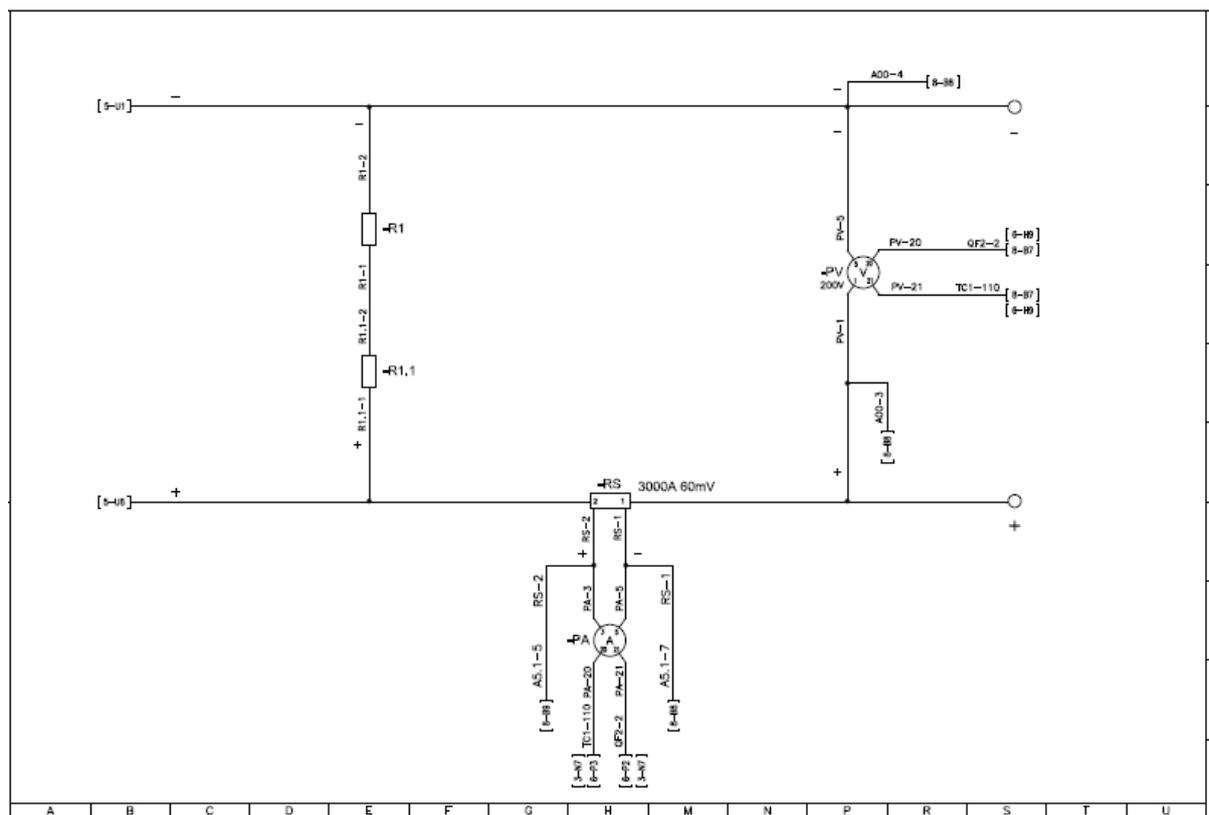


Figure 35 schéma du redresseur a pont tout thyristors



**Figure 36 schéma de la partie électrolyseur**

### 3. Fonctionnement anormal du système : [7]

#### 3.1. Arrêt non programmé d'un générateur du a des verrouillages de sécurité :

Les générateurs Seaclor peuvent être arrêtés automatiquement à cause de verrouillages de sécurité comme suit :

- Débit d'eau de mer bas (35 m<sup>3</sup> / heure) vers le générateur
- Température élevée (45 °C) sur la ligne de sortie du générateur
- Déclenchement interne de l'unité de conversion électrique

Dans ce cas, des alarmes se déclenchent pour avertir l'opérateur.

L'unité peut être remise en route par l'opérateur après que celui-ci ait fait des recherches pour trouver la cause du problème.

#### 3.2. Arrêt non programmé du système du a des verrouillages de sécurité

L'unité de génération d'hypochlorite de sodium est arrêtée, grâce aux verrouillages de sécurité comme suit :

- Panne / arrêt des moteur des deux ventilateurs de dilution du réservoir d'hypochlorite de sodium

- Débit bas d'air vers les réservoirs de stockage d'hypochlorite de sodium.

Dans ce cas, des alarmes se déclenchent pour avertir l'opérateur. Après avoir cherché la cause du problème, l'opérateur devra redémarrer le générateur Seaclor.

### 3.3. Température élevée a la sortie du générateur :

Une température élevée de la solution d'hypochlorite de sodium sur la ligne de sortie du générateur peut indiquer des dommages aux électrolyseurs, pouvant entraîner des courts circuits.

L'opérateur doit vérifier la tension des électrolyseurs afin d'avoir la confirmation que les électrolyseurs sont défectueux et ensuite remplacer l'ensemble d'électrolyseurs.

### 3.4. Arrêt non programmé du a une panne de courant :

Pendant un arrêt non programmé de l'ensemble de l'installation d'electrocloration, à cause d'une panne de courant, le système est dans l'état suivant :

- Le transformateur et le redresseur sont stoppés (aucune charge n'est fournie au générateur).
- Les pompes / les ventilateurs sont arrêtés.

Dans ce cas aussi bien la production que le dosage sont stoppés et doivent être redémarrés.

### 3.5. Panne au niveau d'un appareil de protection/sécurité : [13]

#### 3.5.1. Relais thermique :

**Le relais thermique** est un appareil de protection contre les surcharges, une faible élévation de courant prolongée dans le temps va entrainer un échauffement de l'installation peuvent aller jusqu'à sa destruction.

#### 3.5.2. Fusible brulé :

**Le fusible** ou coupe-circuit à fusible est un dispositif de sécurité conçu pour couper le courant électrique lors d'une surcharge ou d'un court-circuit.

Lorsqu'un fusible saute cela veut dire qu'il y a une surcharge sur le circuit électrique.

#### 3.5.3. Disjoncteur magnétothermique :

**Un disjoncteur** moteur est un organe de protection dont la fonction est d'interrompre le courant électrique en cas de surcharge ou de court-circuit, c'est un dispositif magnétothermique.

### **Protection thermique :**

Chaque phase du moteur est protégée par un bilame (déclencheur thermique) qui en cas de surintensité prolongée chauffe par effet Joule et déclenche un mécanisme qui ouvre les contacts. Le seuil de déclenchement est réglable directement sur le disjoncteur moteur.

### **Protection magnétique:**

Un déclencheur équipé d'un électroaimant protège chaque phase qui en cas de court-circuit coupe le courant électrique.

Ce déclencheur est basé sur la création d'un champ magnétique instantané (0,1sec) qui actionne une partie mobile et commande l'ouverture des contacts.

### **3.5.4. Relais de séquence de phase :**

**Les relais de séquence de phase** sont utilisés pour vérifier et indiquer la connexion correcte ou incorrecte des phases. Cette vérification est nécessaire quand on connecte l'équipement à une nouvelle source de tension. L'unité peut aussi être utilisée pour une indication d'alarme en cas de disparition de phase.

### **3.5.5. Mise à la terre :**

**Un défaut à la terre** est un court-circuit entre un ou plusieurs conducteurs et la terre ou un élément conducteur mis à la terre. Il engendre un courant circulant des conducteurs en défaut vers la terre, dit courant homopolaire.

Il peut aussi être la conséquence d'arc électrique.

### **3.5.6. Protection Max courant :**

**Une protection à maximum de courant** est une protection électrique qui consiste à comparer le courant mesuré dans le réseau à une valeur limite. Si le seuil est dépassé, la protection conclut qu'un court-circuit ou une surcharge, selon les cas, a lieu. Elle commande alors l'ouverture du réseau électrique, on parle de « déclenchement ».

Elle est utilisée pour protéger les transformateurs et les lignes.

### **3.5.7. Arrêt d'urgence :**

**L'arrêt d'urgence** provoque une mise hors énergie des actionneurs, l'arrêt immédiat de tout processus en cours et informe l'automate de cette situation. L'automate est programmé par une

séquence spéciale qui permet au retour du courant (lorsque le bouton d'arrêt d'urgence est déclenché et les actionneurs réenclenchés) de se trouver en mode non critique et sécurisé pour les opérateurs.

### 4. Analyse des défaillances : [7]

#### 4.1. Panne de courant :

En cas de panne de courant les problèmes les plus importants pouvant se produire sont les suivants : arrêt des pompes, arrêt des unités de conversion électrique, arrêt des ventilateurs de circulation d'air ; les différents verrouillages peuvent par conséquent provoquer des débrayages de toute la production / tout le dosage.

Quand le courant est rétabli, l'opérateur devra redémarrer le système.

#### 4.2. Absence d'alimentation en eau de mer :

Une pression basse et / ou un débit bas d'alimentation en eau de mer, arrêtera les électrolyseurs suite à l'alarme de bas débit eau de mer.

Dans ce cas, le redresseur déclenche et l'alimentation en eau de mer vers le générateur est stoppée.

L'opérateur devra restaurer une pression et un débit normaux d'alimentation en eau de mer pour redémarrer les unités.

#### 4.3. Panne air instrument :

Une faille dans le système d'air comprimé pour l'approvisionnement des vannes pneumatiques causera le dysfonctionnement du système qui est à éviter. Étant donné que toutes les vannes sont du type "AIR TO OPEN", une défaillance causera la fermeture des vannes.

Après quoi, les systèmes de sécurité déclencheront l'arrêt de l'unité de production.

Pour une panne de longue durée l'unité d'électrocloration devra être complètement arrêtée par l'opérateur.

## 5. Schémas des défauts et alarmes : [14]

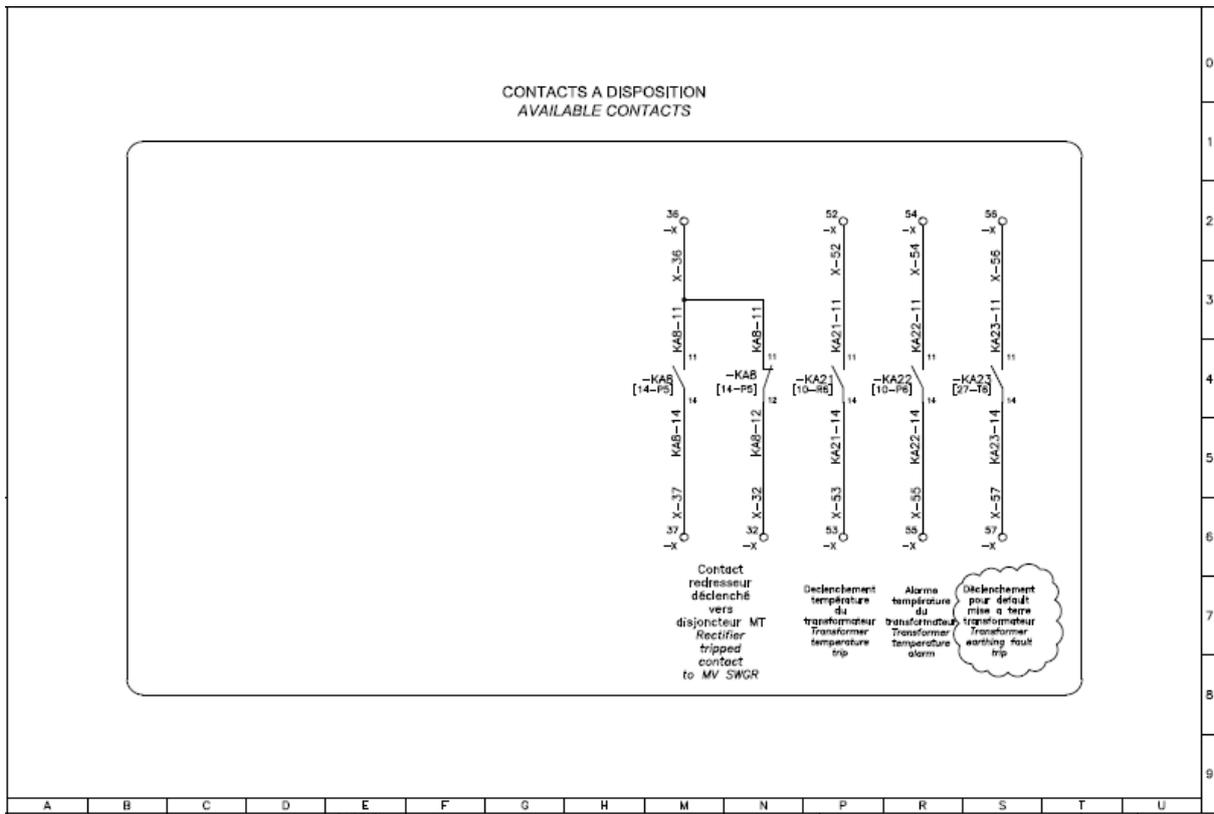


Figure 37 Schéma de commande pour un redresseur partie a

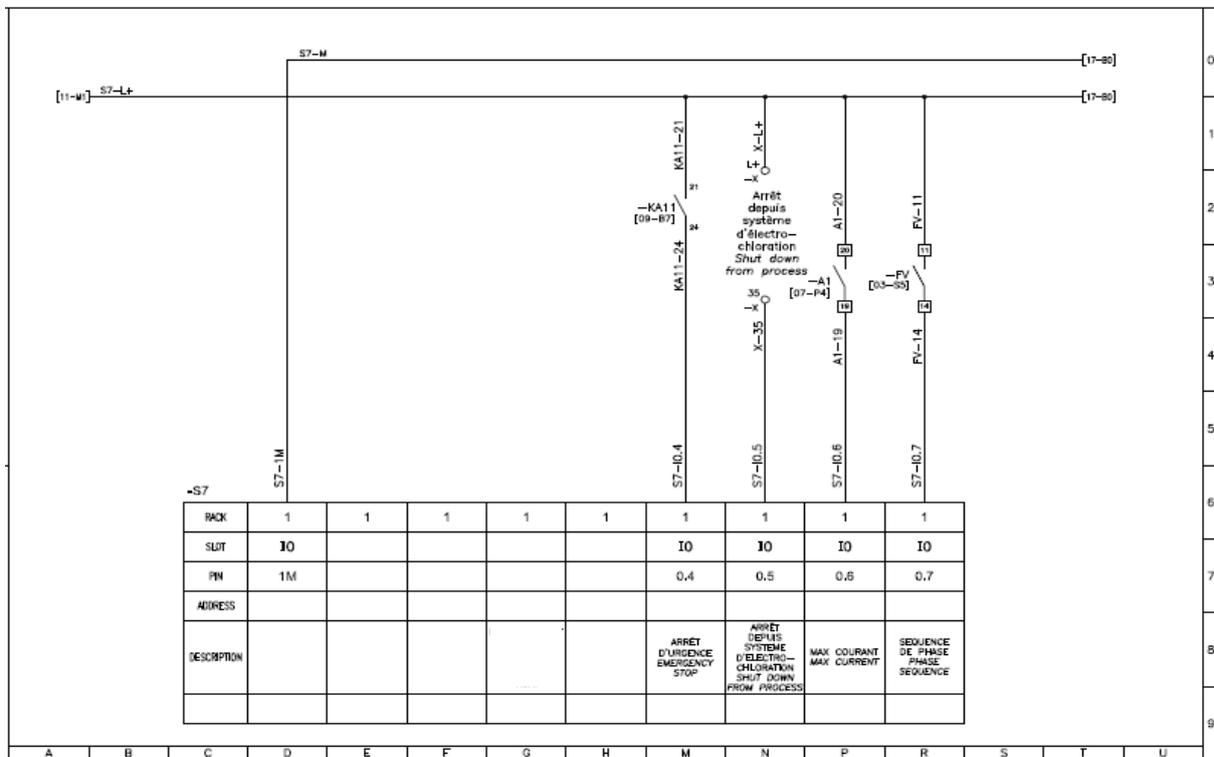


Figure 38 Schéma de commande des défauts partie b

## Chapitre III : Etude électrique de l'unité de conversion

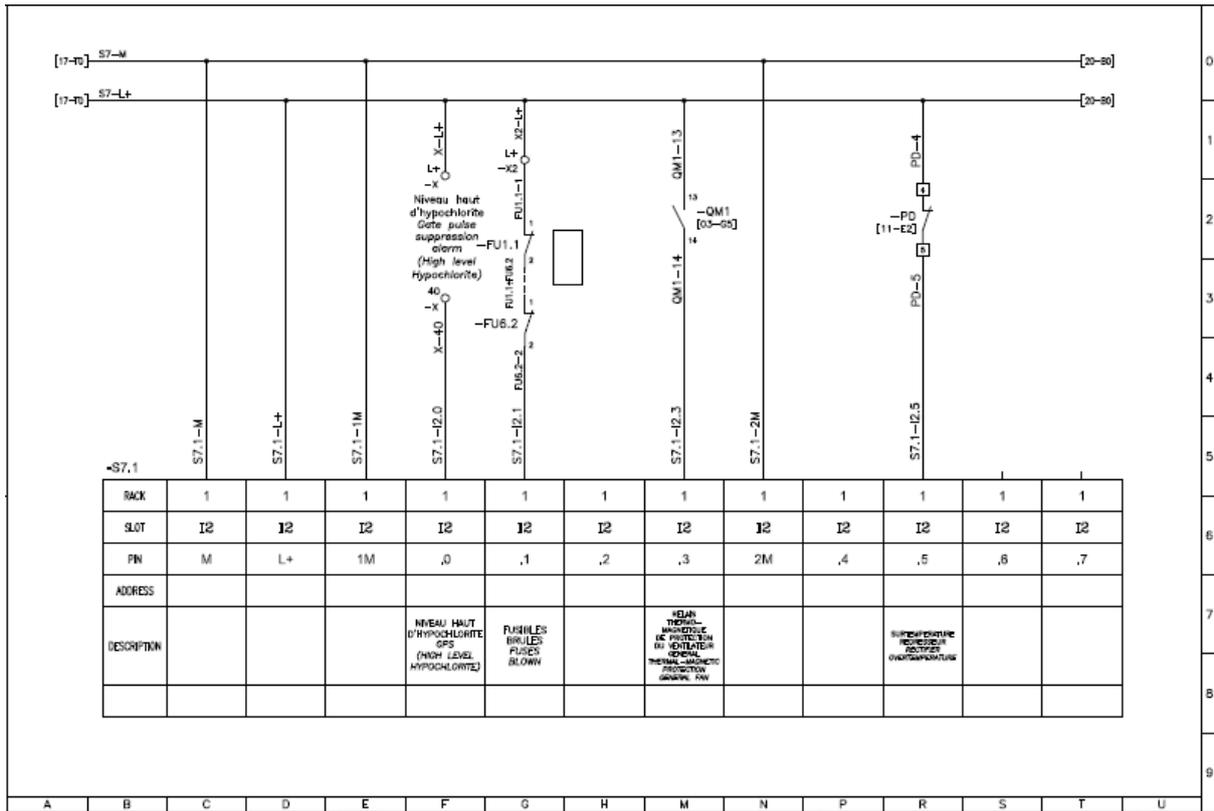


Figure 39 Schéma de commande partie c

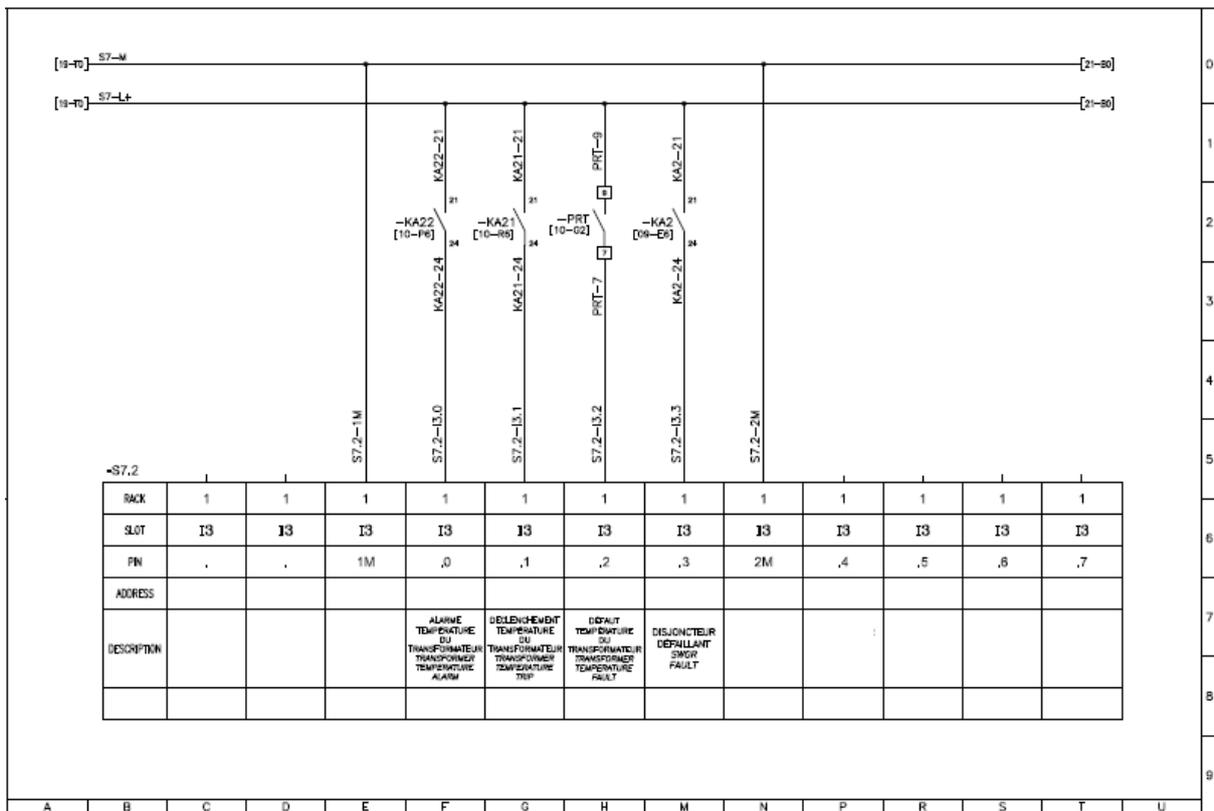


Figure 40 Schéma de commande des défauts partie d

### 6. Etude d'un cas de défaut :

Au borne du redresseur :

- ❖ Dans le cas normale les courbes qui sont présentés sur la fig41 démontres la situation du redresseur :

La figure présente plusieurs courbes :

- la tension de la sortie du redresseur en couleur bleu à une valeur 140 V DC qui alimente le générateur.

-Le courant en couleur blanche à une valeur de 3000A.

-La courbe en couleur bleu gouloise représente le débit eau de mer vers générateur 50m<sup>3</sup>/h.

-La courbe en couleur jaune représente la température sortie générateur à une valeur de 60°C.

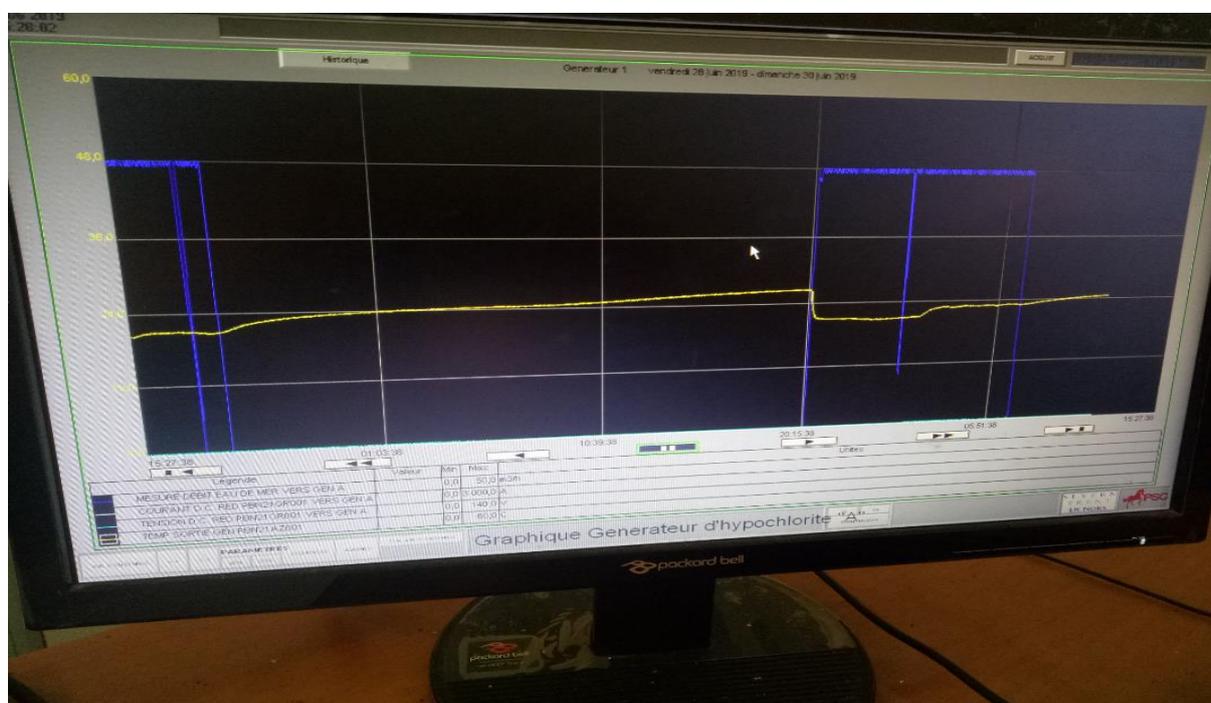
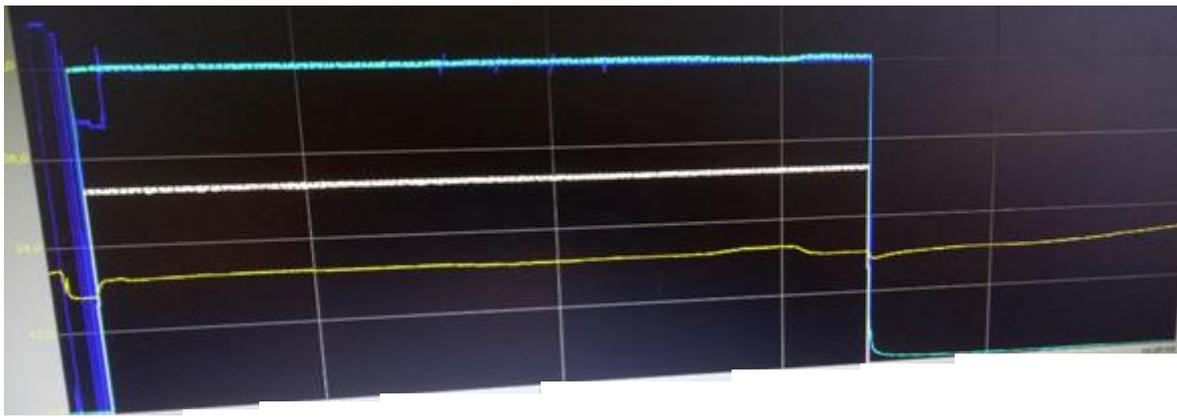


Figure 41 la figure représente la situation d'un redresseur dans le cas normal

- ❖ Dans le cas de défaut les courbes qui sont présentés sur la fig42 démontres la situation du redresseur :

La figure présente plusieurs courbes :

- la tension de la sortie du redresseur en couleur bleu à une valeur 0 V DC qui alimente le générateur.
- Le courant en couleur blanche à une valeur de 0A.
- La courbe en couleur bleu gouloise représente le débit eau de mer vers générateur 50m<sup>3</sup>/h.
- La courbe en couleur jaune représente la température sortie générateur à une valeur de 60°C.



**Figure 42 la figure représente la situation d'un redresseur dans le cas de défaut**

La valeur consécutive de la tension sortie redresseur ainsi que le courant tend vers la valeur Zéro « 0 » due au défaut au niveau du redresseur qui a provoqué le déclenchement du disjoncteur MT.

### 7. Conclusion :

Un schéma électrique représente, à l'aide de symboles graphiques, les différentes parties d'un réseau, d'une installation ou d'un équipement qui sont reliées et connectées fonctionnellement.

Dans ce chapitre on a diagnostiqué les différents défauts d'une installation ou un circuit à l'aide des schémas électriques.

# Conclusion Général

### Conclusion général :

Nous vivons dans un monde en constante évolution où la demande d'énergie augmente continuellement et cela entraîne des conséquences sur l'environnement et les ressources. Par conséquent, en tant qu'ingénieurs en électricité, nous examinons tous les moyens possibles pour assurer un bon fonctionnement d'une installation aussi maximisé la production d'énergie. Dans ce mémoire, nous avons effectué une étude pratique de l'unité d'electrocloration dans une centrale de production d'énergie électrique à cycle combiné, d'après ce qu'on a fait nous avons arrivé aux conclusions suivantes :

- l'avantage du cycle combinée par rapport aux autres cycles (à vapeur et à gaz), elle combine les avantages d'une turbine à gaz et d'une turbine à vapeur, elle minimise les pertes, et ça c'est idéales non seulement économiquement mais aussi à l'environnement.
- Le cycle combiné permet de récupérer la chaleur rejetée par la turbine à gaz qui se trouve à une température plus élevée en suite les améliorations effectuées dans la partie de la turbine à vapeur sont le placement de refroidisseurs pour refroidir la vapeur à la sortie de la turbine avant d'entrer dans le condenseur, pour augmenter l'efficacité.
- L'importance du traitement de l'eau de mer par chloration pour assurer le bon fonctionnement de la centrale électrique.
- L'installation de l'unité d'Electrochloration est prévue pour la production et l'injection d'hypochlorite de sodium dans l'eau de mer afin d'éviter la prolifération de la faune marine dans les tuyauteries et les équipements contenant de l'eau de mer.
- 
- Le rôle des schémas de puissances pour faciliter le diagnostic des défauts électriques et la maintenance.
- Les symboles des différents éléments sont séparés et disposés de manière que le tracé de chaque circuit puisse être facilement suivi.

## **BIBLIOGRAPHIE :**

[1] : Documentation de la centrale S.K.T, descriptif du constructeur.

[2] : Documentation ALSTOM notice de fonctionnement général (TRG\00\M\...OVE\DM\001).

[3] : Station Electrochloration O&M Manuel (TRG\99\M\....D40\MM\001).

[4] : Documentation Alstom Electrochloration Description du système (TRG\99\M\...D40\DM\001).

[5] : Documentation SEVERN-TRENT DE NORA, installation d'électrochloration

[6] : Documentation Electronique de puissance Ecole National DNG de Sousse.

[7] : S.K.T .PDF (TRG GG 001 AL 01\SKT\2007).

[8] : Article Wikipedia, transformateur de puissance.

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Transformateur\\_de\\_puissance](https://fr.wikipedia.org/wiki/Transformateur_de_puissance)

[9] : Cours transformateur, Rodrigue VERHAEGHE 2008.

[http://sorel80.free.fr/mes\\_cours/Transformateur.htm?fbclid=IwAR1jqsyGDjuaDtisr1jGB8BbcCvidLa-o\\_dEufFX8sRpFaGj9pRI4RYCeE](http://sorel80.free.fr/mes_cours/Transformateur.htm?fbclid=IwAR1jqsyGDjuaDtisr1jGB8BbcCvidLa-o_dEufFX8sRpFaGj9pRI4RYCeE)

[10] : Documentation ALSTOM fonctionnement des transformateurs.

[11] : Documentation Wikipedia électrolyseur.

[12] : MOS EM spécification technique pour système d'électrochloration 581 001(AMOS-SCT-W00-pus-0001).

[13] : Documentation Université de Rélizene, institut de science et technologie, cours schéma APP.

[14] : Documentation ALSTOM, Diagramme de câblage système d'électrochloration (TRG, 99M\...D40 WD 003).

[15] : manuel maintenance ORASCOM électrochloration.

## **Résumé :**

L'objectif de ce mémoire consiste à étudier le prétraitement de l'eau de mer utilisé dans la centrale électrique de TERGA, ce prétraitement est la première étape qui fait appel à une chloration ainsi que son importance dans la centrale et le rendement de cette dernière.

Après ce processus on s'intéresse à analyser et diagnostiquer les défauts électrique possible dans l'unité d'Electrochloration.

## **ملخص:**

الغرض من هذه المذكرة هو دراسة المعالجة المسبقة لمياه البحر المستخدمة في محطة الكهرباء تارقة , و هذه المعالجة هي الخطوة الاولى التي تتضمن المعالجة بالكلور و اهميتها في المحطة و اداء هذه الاخيرة. بعد هذه العملية سنركز على تشخيص و تحليل الاعطال الكهربائية المحتملة في وحدة الكلور الكهربائية.

## **Abstract:**

The purpose of this thesis is to study the pretreatment of the seawater used in the TERGA power station, this pretreatment is the first step that involves chlorination as well as its importance in the plant and the performance of this station. .

After this process we are going to focus in analyzing and diagnosing the possible electrical faults in the electro chlorination unit.