

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des Sciences Appliquées
Département de Génie Electrique



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et technologies

Filière : Génie électrique

Spécialité : Electrotechnique Industrielle

Présenté par :

BOUDOUH Yazid et OUNECHE Aomar

Thème:

Etude du Fonctionnement de la centrale de
production d'électricité TG Mobile de Ouargla

17×4 MW

Soutenu publiquement

Le :././....

Devant le jury :

M^r BENALIA Khaled

MCB

Président

UKM Ouargla

M^r LOUAZENE Mohamed Iakhdar

MCA

Encadreur/rapporteur

UKM Ouargla

M^r BOUHADOUZA Boubakeur

MAA

Examineur

UKM Ouargla

Année universitaire 2018/2019

REMERCIEMENTS



Nous tenons à remercier tout d'abord Dieu le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience, qu'il nous a donné durant toutes ces longues années.

Ainsi, nous tenons également à exprimer nos vifs remerciements à notre encadreur Monsieur Mr. LOUAZEN Mohamed Lakhdar pour avoir accepté de nous encadrer, pour suivi continuel tout le long de la réalisation de ce mémoire et qui n'a pas cessé de nous donner ses conseils.

Nous tenons à remercier vivement le chef de la centrale TG Mobile de Ouargla Mr. Brahim SLIMANI et le chef de projet de la centrale TG Mobile Mr. Abdelkader EMBAREK qui nous ont aidé ce mémoire, ainsi à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à accomplir ce travail.

Nos remerciements vont aussi à les membres du jury Mr. BENALIA Khaled et Mr. BOUHADOUZA Boubakeur qui ont accepté de juger notre travail et tous les enseignants du département de génie électrique.

En fin, nous tenons à exprimer notre reconnaissance à tous nos amis

Et collègues pour le soutien moral et matériel...

BOUDOUH Yazid et OUNECHÉ Aomar

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail

A mes parents

A mes frères et à mes sœurs ;

A ma femme et à ma petite fille Mélissa.

A mon copain Yazid;

A tous mes amis

Aomar



DEDICACE

*Je dédie ce modeste travail
A ma très chère mère source de tendresse ;
A mon très cher père, qui m'encourage*

Dans les instants délicats ;

A mes chers frères ;

A mes chères sœurs ;

A mes tantes et oncles ;

A toute ma famille ;

A mon copain Aomar;

A tous mes amis

Yazid

Sommaire

Introduction générale	1
CHAPITRE I	Présentation de la centrale de Ouargla
I. 1 Introduction	2
I. 2 Le groupe SONELGAZ	2
I. 3 La filiale SPE (Société Algérienne de production d'Electricité)	4
I. 3. 1 Présentation générale de la SPE	4
I. 3. 2 L'organigramme de SPE	4
I. 4 L'unité de production HMO	5
I. 4. 1 Mission de l'unité	5
I. 4. 2 l'organigramme de l'unité de production hmo.	6
I. 4. 3 Présentation de la centrale Turbine à Gaz Mobile Ouargla.....	7
I. 5 Généralités sur les turbine à gaz et les turbine à gaz Mobiles	8
I. 5. 1 Principe d'un Cycle Simple	8
I. 5. 2 Circuits ouverts de la TG Mobile.....	10
I. 6 Répartition des turbines à gaz Mobiles par nombre et par puissance installée	11
I. 7 Production de la centrale de Ouargla	12
I. 8 Utilité de la centrale TG Mobile de Ouargla	15
I. 9 Conclusion	16
CHAPITRE II	Partie mécanique & électrique de la centrale TG Mobile de Ouargla
II. 1 Introduction	17
II. 2 Générateur de gaz	17
II. 2. 1 Généralités.....	17
II. 2. 2 Cycle de BRAYTON.....	20
II. 2. 3 Poussée du générateur de gaz.....	21
II. 3. 2 Facteurs affectant la poussée	21
II. 3 Autres Systèmes	22
II. 3. 1 Système oléo hydraulique (hydraulic system).....	22
II. 3. 2 Vitesse nominale.....	23
II. 3. 3 Accouplement	23
II. 3. 4 Lubrification	24
II. 3. 5 Système de lancement - virage	25
II. 4 Circuit de système air comprime (desert filtration) et Bruit	26
II. 5 Boîte à engrenages principale - gearbox	27
II. 6 Partie électrique	27
II. 6. 1 Données techniques du réseau.....	27

Liste des figures

Figure I-1: Organigramme de l'entreprise SONELGAZ	3
Figure I-2: Organigramme de SPE.....	4
Figure I-3 : L'organigramme de l'unité HMO	6
Figure I-4: Image Google Maps du lieu géographique de la centrale	7
Figure I-5: Cycle simple d'une turbine à gaz	8
Figure I-6 : Circuit ouvert d'une turbine à gaz	8
Figure I-7 : Circuit fermé d'une turbine à gaz	9
Figure I-8: Représentation de circuit de la TG Mobile	10
Figure 0-9: production annuelle de la centrale de Ouargla	12
Figure I-10: Schéma unifilaire de la centrale TG Mobile Ouargla	13
Figure I-11: Raccordement de l'alternateur par les agents d'ETTERKIB spa à Ouargla	14
Figure 0-12: Centrale TG Mobile Hassi Messaoud HMO	14
Figure I-13: Poste de transformation GRTE 220 kV/ 63 kV Ouargla	15
Figure II-1: Groupe turbocompresseur FT8-3	17
Figure II-2: Chambres de combustion	19
Figure II-3 : Turbine de puissance	20
Figure II-4: Cycle de BRAYTON.....	21
Figure II-5: Système oléo hydraulique	23
Figure II-6: GearBox	27
Figure II-7 : Généré un courant dans un conducteur.....	28
Figure II-8: Générateur triphasé simple	29
Figure II-9: Génératrice élémentaire	29
Figure II-10: Génératrice élémentaire	30
Figure II-11: Contrôle de voltage.....	30
Figure II-12: Système d'excitation Diodes Tournantes	31
Figure II-13: système d'excitation sans balais+AVR	33
Figure II-14: Ensemble redresseur rotatif (12 diodes)	34
Figure II-15: Constitution de l'alternateur	36
Figure II-16: Circuit d'air dans l'alternateur	38
Figure II-17: Sous-station 11.5kV -63kV	40
Figure II-18: Côté avant de disjoncteur 52G	41
Figure II-19: Côté arrière de disjoncteur 52G	41
Figure II-20: Mécanisme de fonctionnement	42
Figure II-21: Disjoncteur 52L	43
Figure II-22:Chambre de Disjoncteur 52L	44
Figure II-23: Moteur de lancement	44

Figure II-24: Alimentation sans interruption (ASI)	48
Figure III-1 : Permissifs de démarrage.....	52
Figure III-2: Démarreur hydraulique.....	53
Figure III-3: Séquence de démarrage	54
Figure III-4: Organigramme de démarrage de la TG Mobile.....	54
Figure III-5: Séquence d'arrêt.	55
Figure III-6: Boucles de régulation turbine.....	55
Figure III-7: Tableau operateur (B).....	58
Figure III-8: Tableau de l'operateur (A)	58
Figure III-9 : Diagramme de capacité de l'Alternateur (PQ)	60
Figure III-10: Réduction de puissance contrôlée	61
Figure III-11: Arrêt Contrôlé	62
Figure III-12: Mode de régulation AVR	64
Figure III-13: Liste des protections de l'Alternateur.....	66
Figure IV-1: Schéma électrique unifilaire de centrale	67
Figure IV-2: Commutateur de transfert automatique ATS	68
Figure IV-3: Transformateur triphasé	69
Figure IV-4:Les endroits qui alimenté par le transformateur.....	70
Figure IV-5:Transformateur sec	75
Figure IV-6: Transformateur immerge dans l'huile	76

Liste des tableaux

Tableau I-1: Répartition des TG Mobiles par nombre et par puissance installée	11
Tableau I-2: Production annuelle de la centrale de Ouargla	12
Tableau II-1:limites des niveaux sonores	26
Tableau 0-2:Données techniques du réseau à haute tension	27
Tableau 0-3: La vitesse de l'arbre et le nombre de pôles.....	31
Tableau 0-4: Données nominales CEI d'alternateur 15°C	35
Tableau 0-5: Donnés de Transformateur de puissance 11.5 kV -63kV	39
Tableau 0-6 : Donnés de Transformateur de puissance 11.5 KV-400v	40
Tableau 0-7 : Données techniques Disjoncteur 52L	43
Tableau 0-8: Donnés de moteur de lancement	45
Tableau 0-9: Donnés groupes diesel de secours.....	47
Tableau II-10: Système à courant alternatif pour circuits d'alimentation des auxiliaires.....	47
Tableau II-11: donnés de système à courant continu pour circuits d'alimentation des auxiliaires.....	49
Tableau IV-1: Paramètres électrique de transformateur choisi	72
Tableau IV-2:Les puissances de salle de contrôle.....	73
Tableau IV-3:Les puissances de poste de garde.....	73
Tableau IV-4:Les puissances des deux bureaux.....	74

Abréviations

TG : Turbine à Gaz (GT)
MW : Méga Watts
HMO : Hassi Messaoud Ouest
BA : Production Bornes Alternateur.
BU : Production Borne Usine
GG : générateur de gaz
PT : Power Turbine, turbine de puissance, turbine libre.
HP : Haute Pression
IGV : Inlet Guide Vane
VSV : Variable Stator Vane
PT: Transmetteur de pression (Pressure Transmitter)
PDT : Transmetteur de Pression Différentielle (Pressure Differential Transmitter)
TE: Capteur de Température (Temperature Element)
NH: vitesse de haute pression
NL : vitesse de basse pression
NP : vitesse de la turbine de puissance
TCV : vanne de régulation thermique (Thermal Control Valve)
1.2 : entrée compresseur
VAC PMP : pompe à vide (Vaccum Pump)
VAR : Régulateur de tension automatique (Automatic Voltage Regulator)
SOV: vanne d'arrêt (Shut Off Valve)
LSL: interrupteur de niveau bas (Level Switch Low)
LSLL : interrupteur de niveau très bas (Level Switch Low Low)
TSH : interrupteur de température élevée (Temperature Switch High)
TSHH: interrupteur de température très élevée (Temperature Switch High High)
ATS : commutateur de transfert automatique (Auto transfer switch)
PCV : vanne de régulation de pression (Pressure Control Valve)
ICE Industrial Control Engine
P : Pompe (Pump)
H : élément chauffant (Heater)
AC : Courant Alternatif (**A**lternating **A**urrent), refroidisseur d'air (Air Cooler).
DC : Courant Continu (**D**irect **C**urrent)
MOP : Pompe à Moteur (Motor Pump)
TK : Réservoir (Tank)
ISO : International Standard Organisation

Étiquetage des équipements

TURBINE À GAZ	000-099
SYSTÈME DE DÉMARRAGE	100-199
SYSTÈME ANTI-INCENDIE	200-299
CONDITIONNEMENT DU COMBUSTIBLE GAZEUX	300-399
TRANSFERT DU COMBUSTIBLE LIQUIDE	400-499
SYSTÈME HYDRAULIQUE	500-599
SYSTÈME DE LUBRIFICATION	600-699
SYSTÈME DE NETTOYAGE À L'EAU	700-799
SYSTÈME D'INJECTION D'EAU	800-899
SYSTÈME D'INJECTION DE VAPEUR	900-999
SYSTÈME À COMBUSTIBLE LIQUIDE	1000-1099
SYSTÈME À COMBUSTIBLE GAZEUX	1100-1199
SYSTÈME DE DÉSHUMIDIFICATION/CHAUFFAGE DU MOTEUR	1200-1299
SYSTÈME D'AIR DU MUSCLE	1300-1399
SYSTÈME DE PURGE ET DE VENTILATION	1400-1499
SYSTÈME D'AIR DE L'ENCEINTE DU MOTEUR	1500-1599
SYSTÈME D'EAU DE REFROIDISSEMENT	3200-3299
SYSTÈMES DE GÉNÉRATEUR	3300-3499

L'étiquetage sert à la localisation des instruments de mesures et les différents capteurs au niveau de la turbine à gaz.

Exemple :

Un capteur de température TE qui porte le numéro entre 600 et 699 est un capteur qui appartient au système de lubrification

Introduction générale

L'énergie électrique est un facteur essentiel pour le développement et l'évolution des sociétés humaines, surtout sur le plan de l'amélioration des conditions de vie.

Le processus de production d'électricité est basé sur la conversion d'énergie d'une forme à une autre, selon les sources d'énergie disponible qui détermine le type de centrale de production électrique nécessaire (à gaz, nucléaire, éolienne...).

Les centrales Turbine à Gaz (TG) Mobile sont des centrales utilisées pour les caractéristiques suivant [1] :

- Compatible avec l'environnement ;
- Opération à distance ;
- Mobile (Emplacement de remorque flexible) ;
- Prêt pour l'alimentations d'urgence et renforcement le réseau ;
- Double carburant (gaz et fuel) et double fréquence (50 Hz et 60 Hz).

La région de Ouargla contient une centrale de ce type Mobile Pac FT8-3 de 17×4 MW, et cela suite aux avantages garanties par le constructeur PWPS.

Dans ce mémoire nous étudierons le fonctionnement de la centrale TG Mobile Ouargla et nous voyons les effets sur ce fonctionnement et nous suggérons des solutions.

Dans le premier chapitre nous avons parlé de la structure de la société algérienne de production de l'électricité SPE d'une manière générale et l'unité de Hassi Messaoud Ouest (HMO) et la centrale de Ouargla en particulier, sans oublier aussi la cause principale d'implantation de la centrale TG Mobile de Ouargla.

Dans le deuxième chapitre nous avons parlé de la conception de groupe turbo-alternateur, soit la partie mécanique ou bien la partie électrique, avec une explication de principe de l'alternateur car c'est la partie commune dans le monde de la production d'électricité (sauf le système photovoltaïque). Comme on a parlé aussi des disjoncteurs et des transformateurs.

Nous avons consacré le troisième chapitre au fonctionnement des groupes turbo-alternateurs Mobile PAC FT8-3 de la centrale et comment exploiter ce dernier, (démarrage, couplage et conduite), en prenant en considération la fluctuation au niveau du réseau électrique.

CHAPITRE I

Présentation de la centrale de Ouargla

Introduction

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

Dans ce chapitre on va donner quelques informations sur l'entreprise responsable de production d'électricité en Algérie ainsi sur la centrale TG Mobile de Ouargla

Le groupe SONELGAZ

La Sonelgaz est l'opérateur historique dans le domaine de la fourniture des énergies électrique et gazière en Algérie. Ses missions principales sont la production, le transport et la distribution de l'électricité ainsi que le transport et la distribution du gaz par canalisations [2]. Sa contribution dans la concrétisation de la politique énergétique nationale est à la mesure des importants programmes de réalisation en matière d'électrification rurale et de distribution publique gaz, qui ont permis de hisser le taux de couverture en électricité à près de 98% et le taux de pénétration du gaz naturel à 43%[3].

C'est l'ordonnance N°69-59 du 28 juillet 1969 qui dissout l'établissement public d'Electricité et Gaz d'Algérie (EGA), issu des lois françaises de nationalisation de 1947, et promulgue les statuts de la Société Nationale de l'Electricité et du Gaz (Sonelgaz).

Le Groupe compte aujourd'hui, outre la maison mère, 39 sociétés filiales et 5 sociétés en participation directe [3].

La structure de groupe Sonelgaz est illustrée dans la figure suivante :

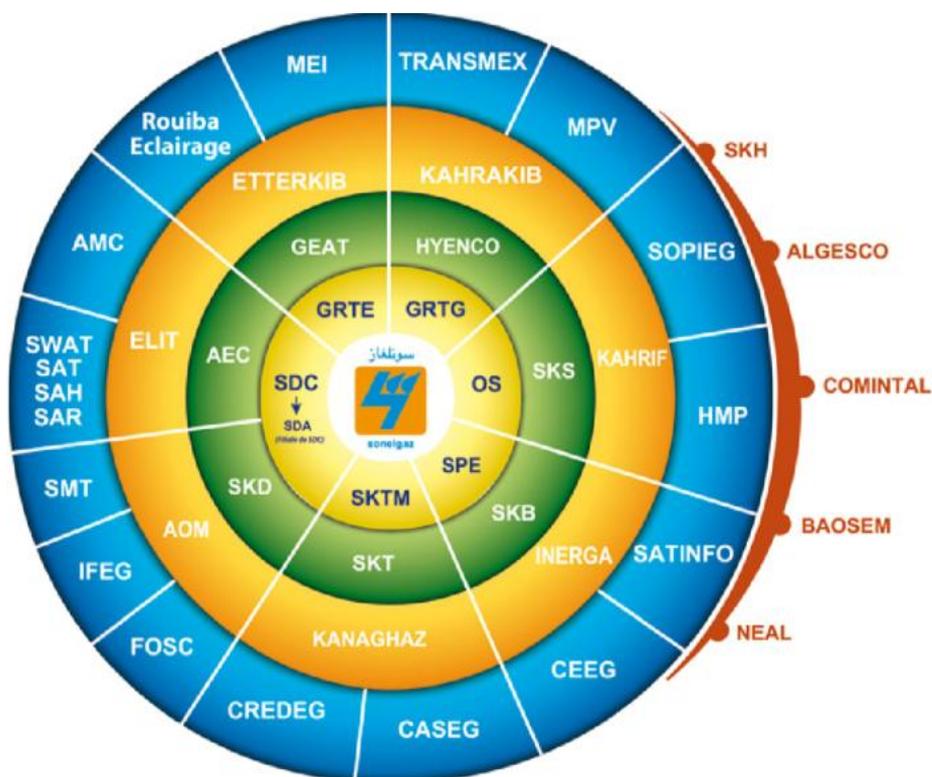


Figure I-1: Organigramme de l'entreprise SONELGAZ [10].

NB : les sociétés mères du groupe Sonelgaz sont :

SPE : La Société Algérienne de Production de l'Electricité ;

SKTM: Shariket Kahraba wa Taket Moutadjadida;

GRTE : Le Gestionnaire du Réseau de Transport de l'Electricité ;

GRTG: Société Algérienne de Gestion du Réseau de Transport du Gaz ;

OS: Opérateur du Système Electrique ;

SDC: La Société Algérienne de Distribution de l'Electricité et du Gaz.

La filiale SPE (Société Algérienne de production d'Electricité)

I.1.1 Présentation générale de la SPE

La SPE est une société responsable de la production l'électricité en Algérie, à partir des sources thermiques et hydrauliques répondant aux exigences de disponibilité, fiabilité, sécurité et protection de l'environnement. Elle est également chargée de commercialiser l'électricité produite.

SPE, met en œuvre un vaste programme de réhabilitation et de renouvellement de son parc de production pour conserver le niveau actuel de capacité de production. Elle ambitionne de demeurer l'opérateur dominant en matière de fourniture de l'énergie électrique. Son programme de développement est orienté vers l'augmentation de la disponibilité et la fiabilité des groupes de production.

I.1.2 L'organigramme de SPE

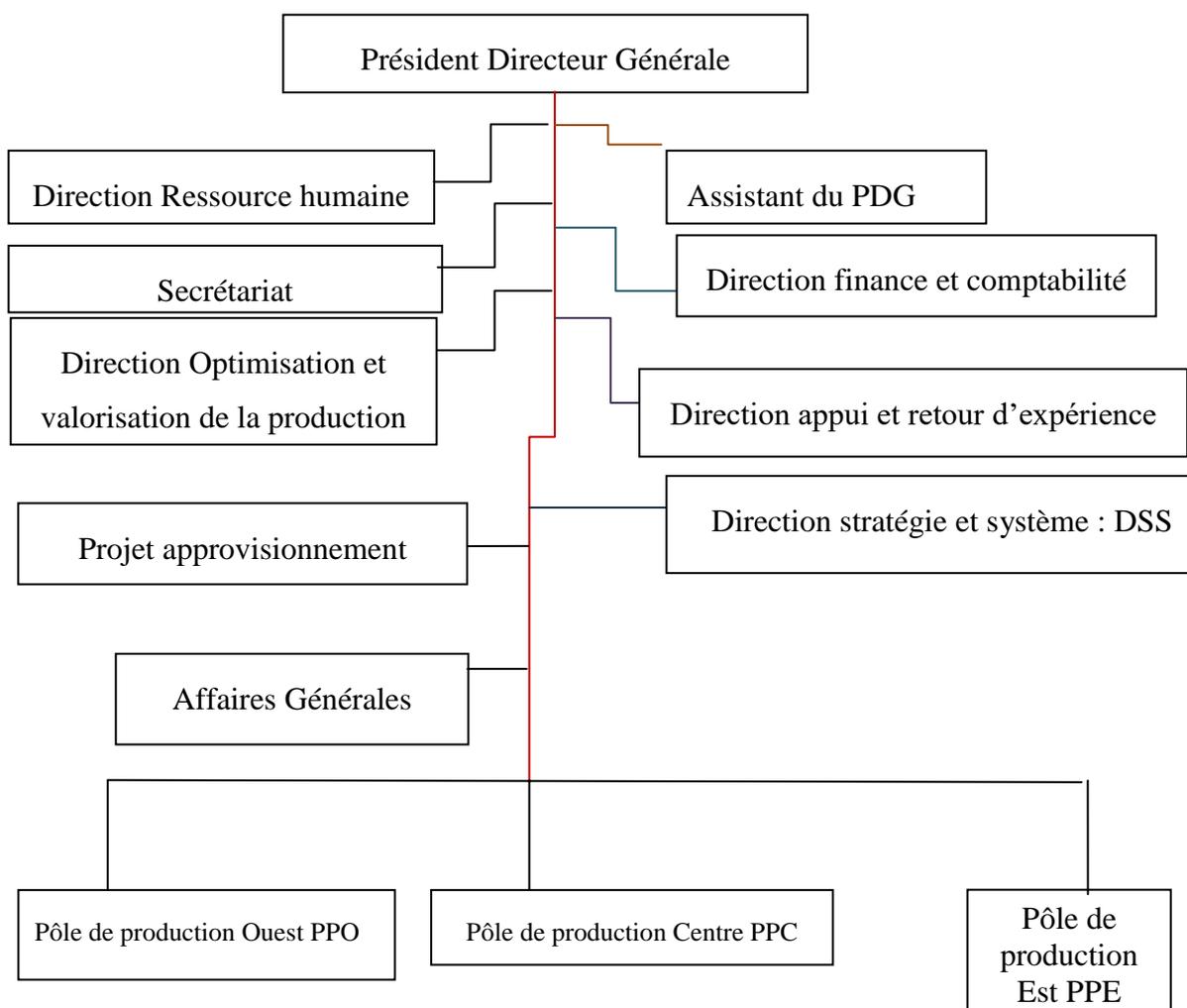


Figure I-2: Organigramme de SPE

SPE est présente sur l'ensemble du territoire national par ses centrales et ses unités de production.

L'unité de production HMO

L'unité de production HMO(Hassi Messaoud Ouest) est un ensemble de centrales TG, réparties à travers un espace délimité, est chargée d'assurer l'exploitation et la maintenance des moyens de production et des installations annexes. L'ensemble formé, constitue une unité de production de l'énergie électrique.

I.1.3 Mission de l'unité

Les missions principales de l'unité de production SPE/PPE/HMO sont :

- Réaliser le programme de production fixé par l'opérateur système.
- Garantir la disponibilité du matériel, la continuité et la qualité de service.
- Veiller à la sécurité des personnes et du matériel et à la protection de l'environnement.
- Respecter les doctrines d'exploitation et de maintenance définies par SPE.
- Veiller à l'utilisation et l'entretien du matériel dans les meilleures conditions de couts et de fiabilité.

I.1.4 L'ORGANIGRAMME DE L'UNITE DE PRODUCTION HMO.

L'organigramme de l'unité HMO est le suivant :

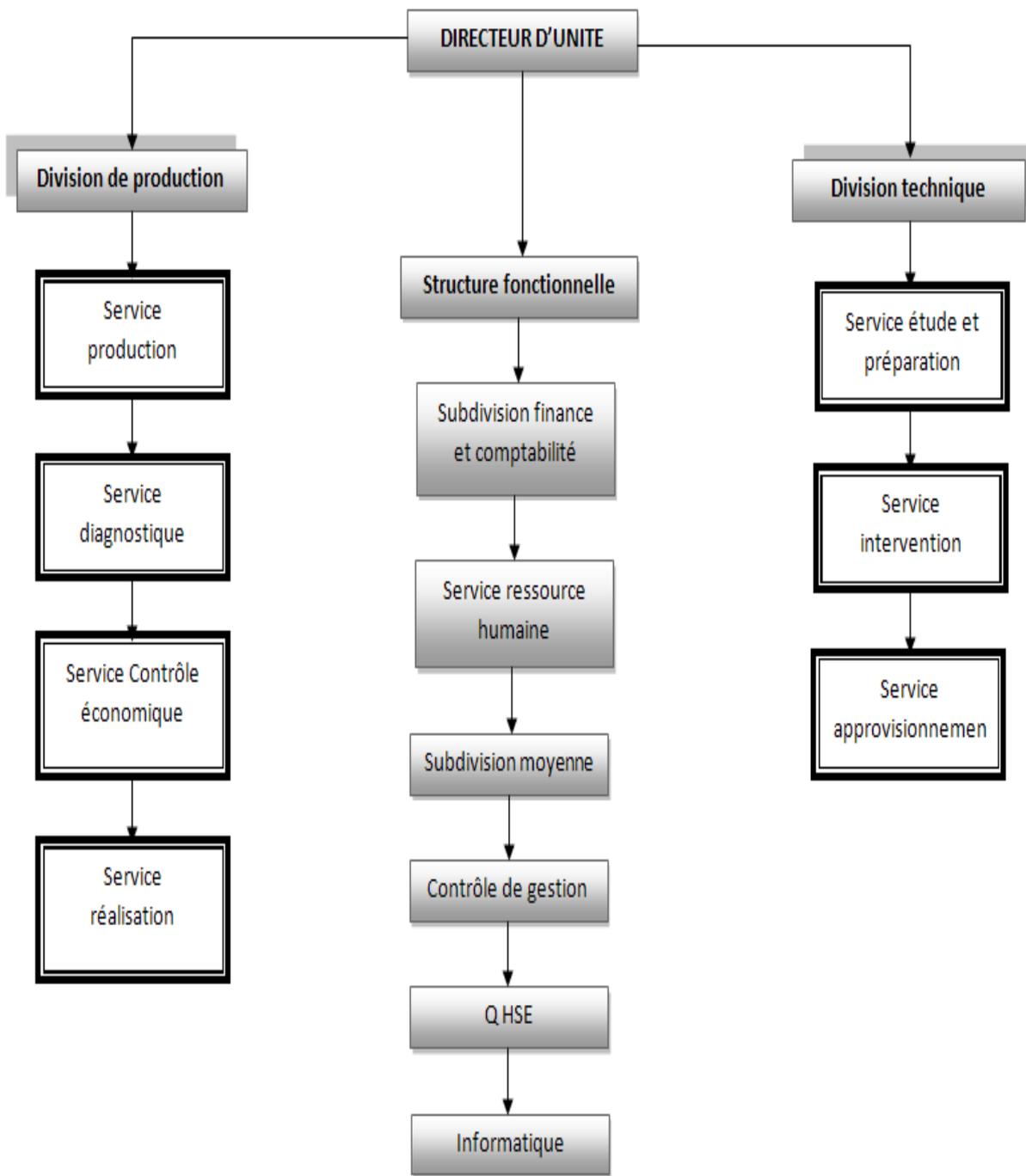


Figure I-3 : L'organigramme de l'unité HMO

I.1.5 Présentation de la centrale Turbine à Gaz Mobile Ouargla

La centrale TG Mobile de Ouargla est située au niveau de Ouargla, au juste, sur la route nationale RN N° 49 Ouargla –Ghardaia, Près de la cité Ennasr.

Le choix de site de la centrale a été choisi suite à la disponibilité de poste de transformation de GRTE HTA/HTB et en plus que cela, le poste est un point d'interconnexion entre les centrales de production de Hassi messaoud et le réseau de transport vers Ghardaia

Le choix de ce lieu est enregistré sous le Procès Verbal N° 2/2014 au niveau de la DLEP suite au plan d'urgence de production d'électricité en 2014 [8].

(DLEP : La Direction du Logement et des Equipements Publics)

Elle se pose sur une surface de 34000 M² soit 3. 4 Hectare

Nord : transformateurs + lignes HT (poste GRET)

Sud : lignes MT

Est : lignes HT

Ouest : Falaise

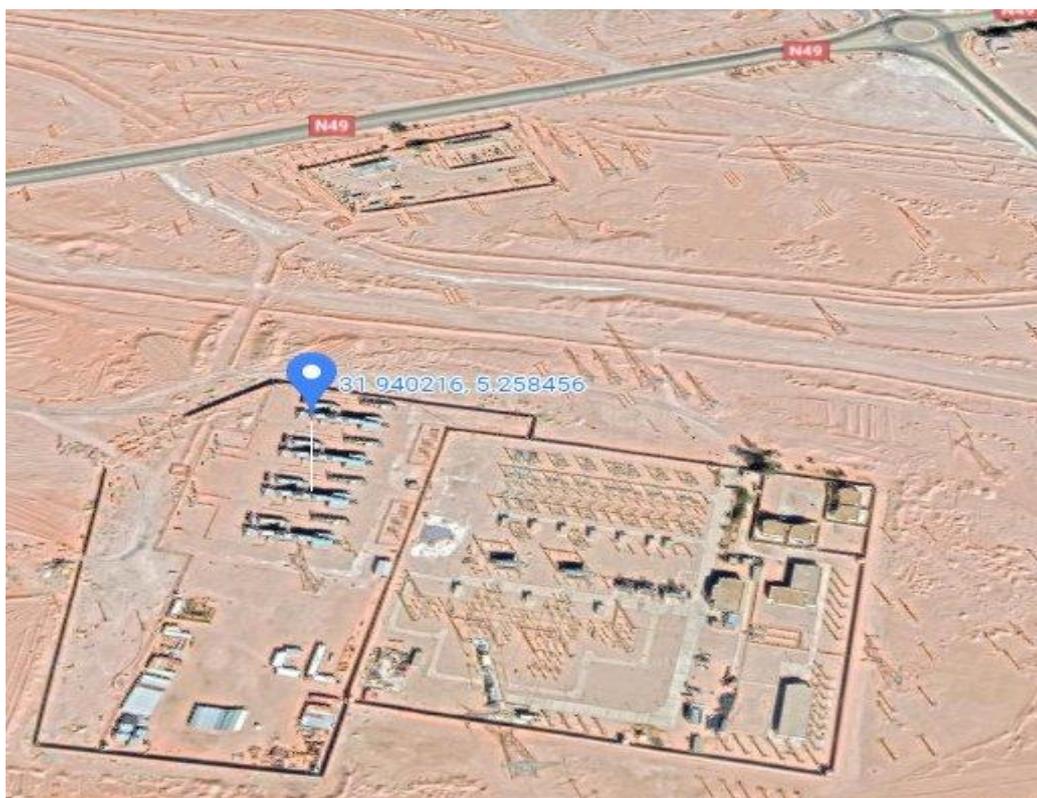


Figure I-4: Image Google Maps du lieu géographique de la centrale

Généralités sur les turbine à gaz et les turbine à gaz Mobiles

Différents types de circuits TG selon leurs circuits :

I.1.6 Principe d'un Cycle Simple

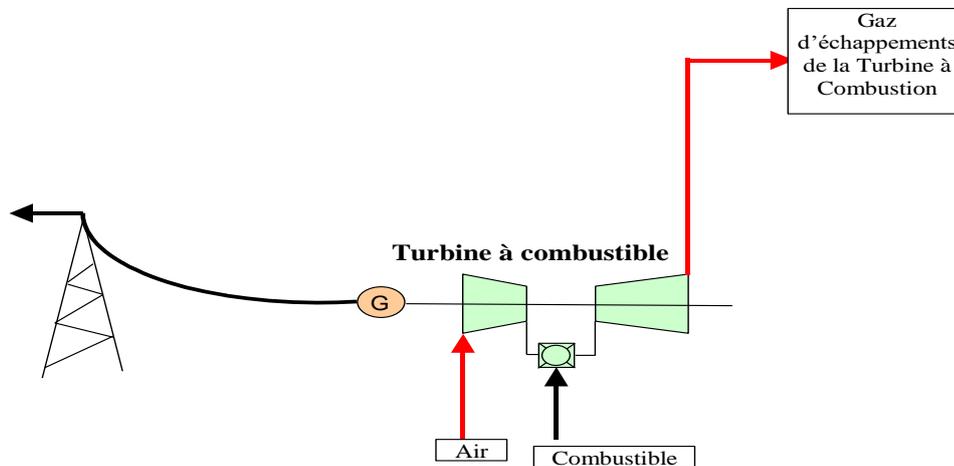


Figure I-5: Cycle simple d'une turbine à gaz [5]

I.1.6.1 Turbine à gaz circuit ouvert

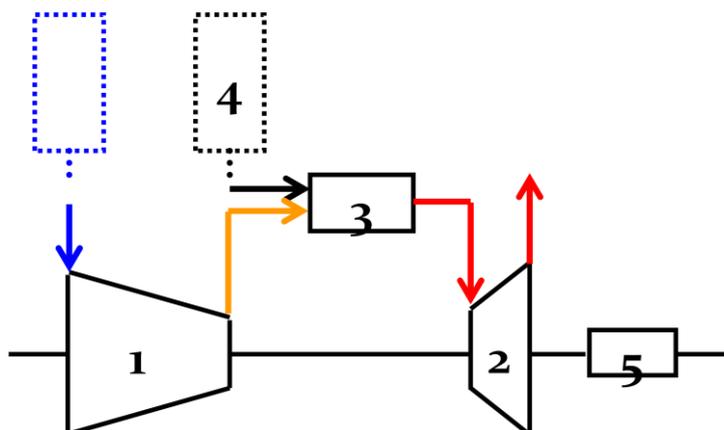


Figure I-6 : Circuit ouvert d'une turbine à gaz [5]

1. Compresseur
2. Turbine
3. Système de combustion
4. Combustible
5. Alternateur

I.1.6.2 Turbine à gaz circuit fermé

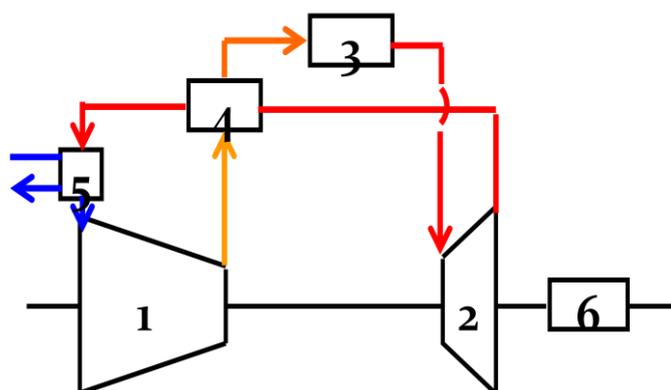


Figure 0-7 : Circuit fermé d'une turbine à gaz [5]

1. Compresseur
2. Turbine
3. Échangeur de chaleur principal (source chaude)
4. Récupérateur
5. Réfrigérant Admission
6. Alternateur

Deux grands types de turbines à gaz sont à distinguer selon leurs arbres :

- **Simple arbre** : le compresseur et l'ensemble des étages de détente sont regroupés sur le même arbre entraînant également l'organe récepteur,
- **Double arbre** : le compresseur est sur le même arbre que les étages de turbine, strictement nécessaires à son entraînement, les autres étages de turbine étant groupés sur un second arbre solidaire de la machine entraînée.

La seconde disposition plus complexe permet un meilleur fonctionnement à charge partielle et variable ce qui est le cas des moteurs destinés à la propulsion. Les turbines à simple arbre sont adaptées à la production électrique qui se fait à régime constant et charge plus élevée.

I.1.7 Circuits ouverts de la TG Mobile

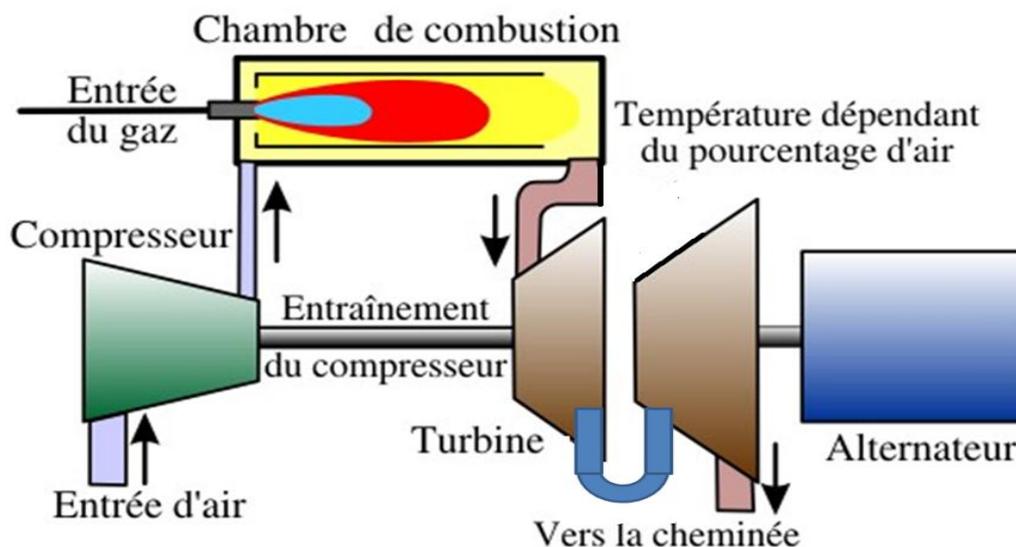


Figure 0-8: Représentation de circuit de la TG Mobile [5]

I.1.7.1 Avantage

Les avantages des centrales TG Mobile sont :

- Prêt pour l'alimentation d'urgence en 09 jours ou moins après l'arrivée sur le site ;
- compatible avec l'environnement ;
- Double carburant (gaz/fuel) et double fréquence (50Hz/60Hz);
- Possibilité de démarrage en noir ;
- Emplacement de remorque flexible ;
- compatible autoroute ;
- Soutien en trois points et rigidité structurelle pour maintenir l'alignement du générateur ;
- opération à distance.

I.1.7.2 Domaines d'utilisation

Les applications des turbines à gaz découlent directement de leurs avantages spécifiques. Ainsi, la puissance massique élevée se prête bien à la propulsion aéronautique en particulier sur les hélicoptères. La propulsion navale fait également de plus en plus appel aux turbines à gaz notamment pour les navires à grande vitesse. Il existe enfin des exemples d'application à la propulsion ferroviaire et à des véhicules militaires comme des chars d'assaut (XM-1 Abrams ou Leclerc). Par contre, les turbines à gaz sont mal adaptées aux véhicules routiers. En effet, les variations de charge et de régime sont trop importantes et trop

rapides pour être réalisables avec un rendement correct. De plus, le rendement atteint difficilement 30% pour des moteurs compacts et de faible puissance [4].

L'autre grand domaine d'emploi des turbines à gaz est la production d'électricité. En effet, il s'agit d'applications à régime constant et à charge relativement constante pour lesquelles le rendement de ces machines est le meilleur. La puissance varie de quelques centaines de kW à près de 300 MW. Les machines les plus puissantes sont en général associées à des turbines à vapeur dans des cycles combinés dont le rendement global tend actuellement vers 60%. En cycle simple, le rendement est de l'ordre de 30 à 35%. Dans les faibles puissances, le rendement est même inférieur à 30% mais on met alors à profit l'aptitude des turbines à combustion pour la récupération de chaleur dans des applications de cogénération (production simultanée d'électricité et de chaleur).

Les turbines à gaz sont des groupes de force dont l'utilisation est très répandue dans différents domaines d'applications, nous citerons : l'industrie des centrales électriques (nucléaires ou non nucléaires), transport des hydrocarbures et du transport par la propulsion. Parmi ces domaines d'application :

- Turbines à gaz dans l'industrie pétrochimique ;
- Turbine à gaz pour la production d'électricité ;
- Aéronautique ;
- Turbocompresseur ;
- Turbine à gaz d'avion.

Répartition des turbines à gaz Mobiles par nombre et par puissance installée

A la fin de l'année 2014 le parc SPE comptera Soixante quatorze (74) turbines à gaz Mobiles mise en service totalisant une puissance installée de plus de 1400 MW destinée au renforcement des moyens de production d'électricité.

Tableau IO-1: Répartition des TG Mobiles par nombre et par puissance installée [5]

	Nombre	Puissance totale installée en MW	Période
TG Mobiles mises en service	46	810	2011-2013
TG en cours d'installation	28	533	2014
TOTAL	74	1343	2011-2014

Production de la centrale de Ouargla

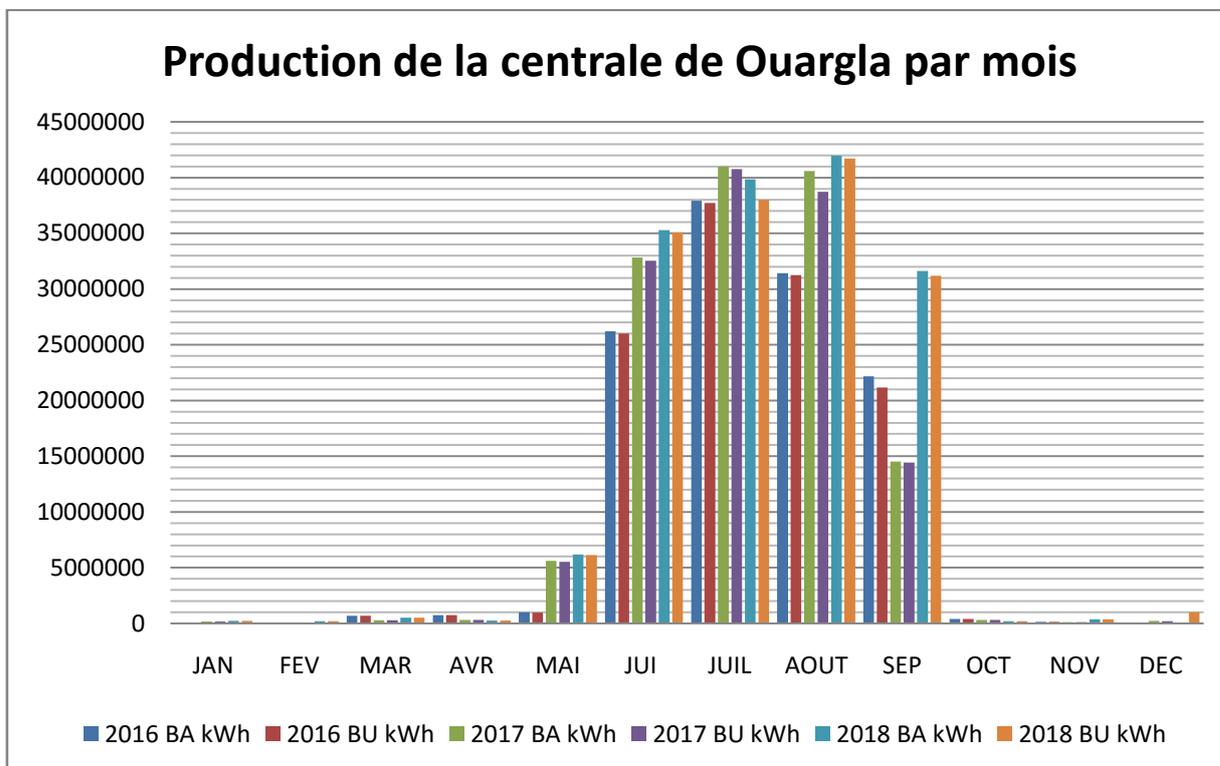


Figure 0-9: production annuelle de la centrale de Ouargla

Tableau I-2: Production annuelle de la centrale de OUARGLA [6]

	2017	2018	2016
BA kWh	136001139	156803210	120683570
BU kWh	133443954	154908553	119060546

BA : Production Bornes Alternateur.

BU : Production Borne Usine.

Avec : $BU=BA - \text{Consommation des auxiliaires}$.

Les fluctuations de l'appel de puissance obligent les compagnies d'électricité à prévoir trois classes de centrales de génération :

1. **Les centrales de base** de grande puissance qui débitent leur pleine capacité en tout temps. Les centrales nucléaires sont particulièrement aptes à remplir ce rôle.
2. **Les centrales intermédiaires** de puissance moyenne qui réagissent rapidement aux fluctuations de la demande. C'est le cas des centrales hydrauliques dont le débit est facilement contrôlable.

3. **Les centrales de pointe** de puissance moyenne qui ne débitent leur pleine capacité que pendant de courtes périodes [10].

On constate que le centrale TG Mobile de Ouargla (17 MWx4) n'est pas une centrale de base mais est une centrale de pointe, et cela grâce à sa flexibilité et sa robustesse, car la centrale est capables d'apporter une réponse rapide à la demande fluctuante.

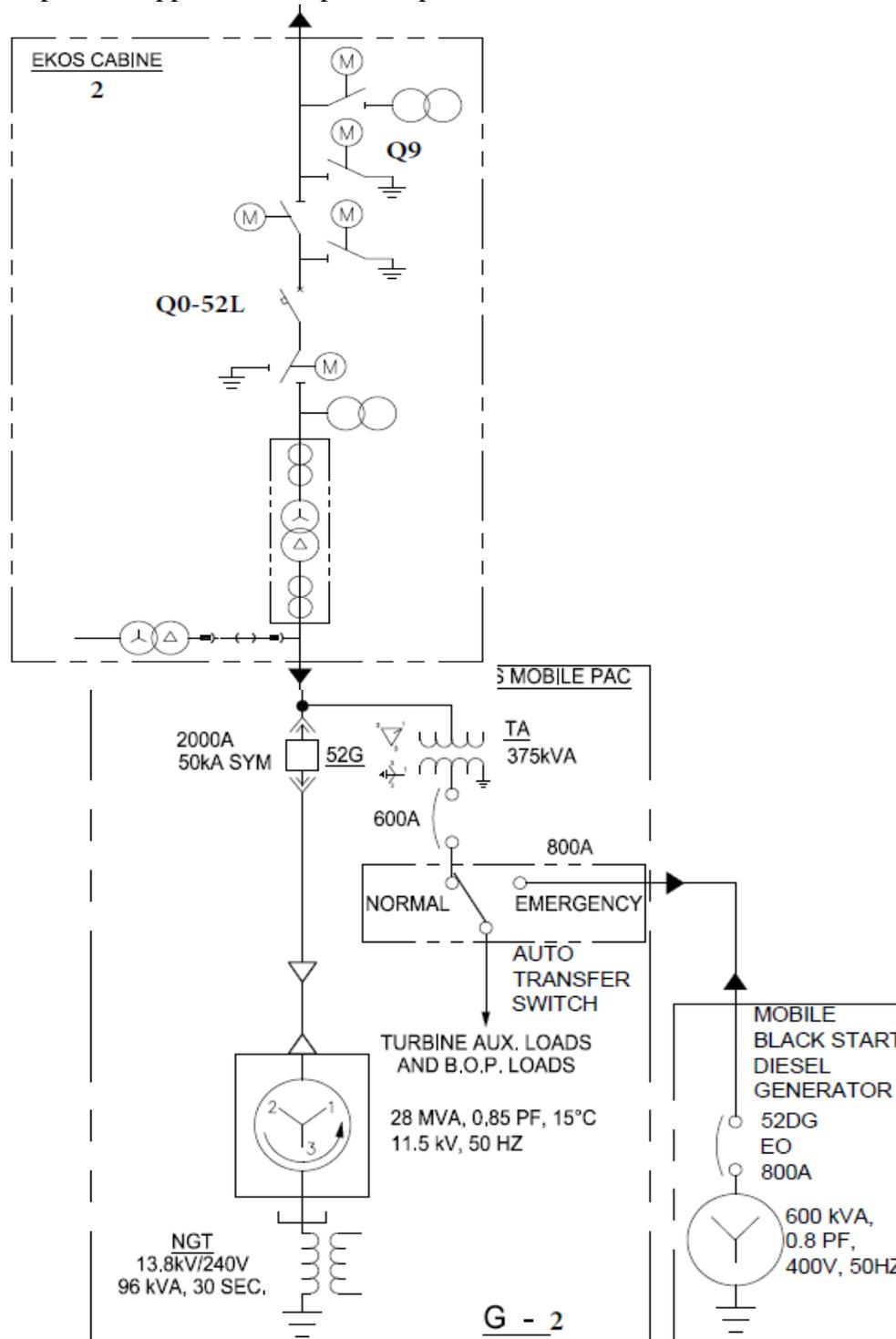


Figure 0-10: Schéma unifilaire de la centrale TG Mobile Ouargla [7]



Figure0-11: Raccordement de l'alternateur par les agents d'ETTERKIB spa à Ouargla



Figure 0-12: Centrale TG Mobile Hassi Messaoud HMO

Utilité de la centrale TG Mobile de Ouargla [9] :

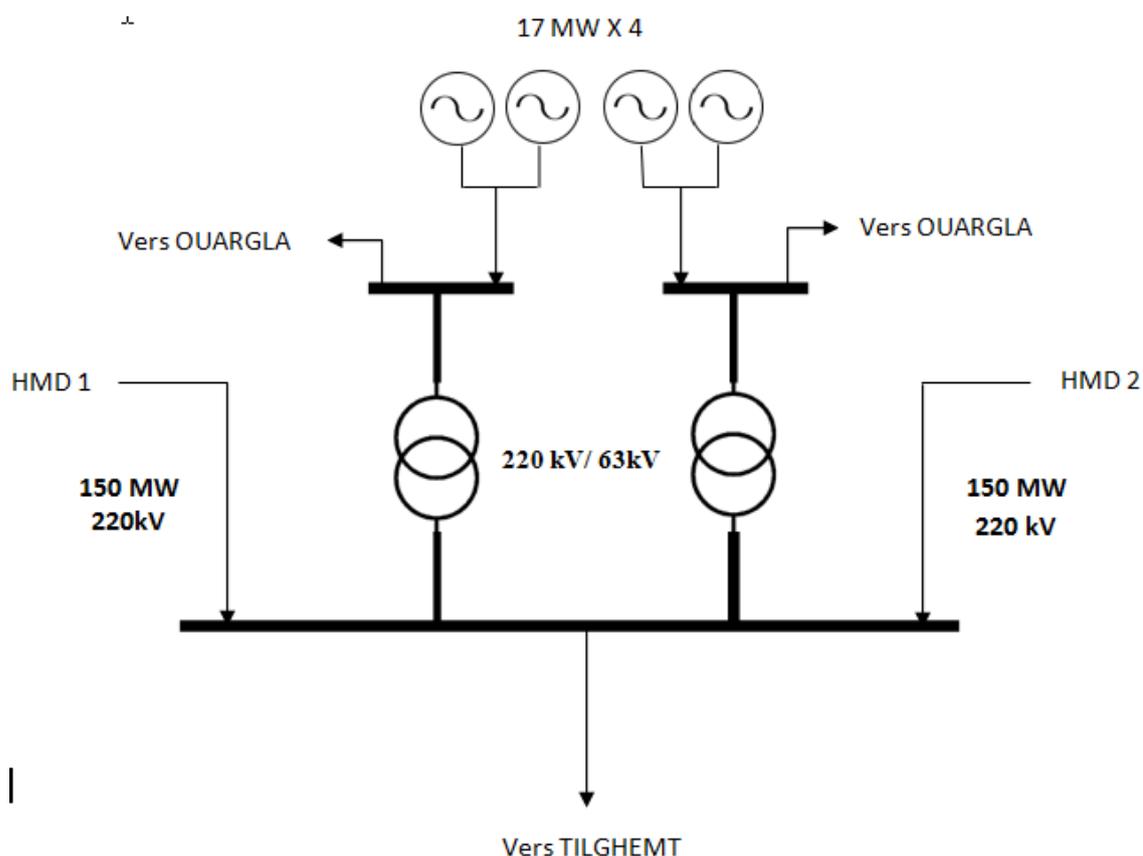


Figure I-13: Poste de transformation GRTE 220 kV/ 63 kV Ouargla

La centrale de Ouargla est installée pour secourir la région de Ouargla en production de l'électricité, sachant que la région de Tilghemt en déficit énergétique, donc l'écoulement de puissance se fait de Hassi Messaoud (HMD) vers Tilghemt via le poste de transformation 220kV/ 63kV de Ouargla.

Le besoin de la région de Ouargla en matière d'énergie électrique est de 190 MW, et comme la puissance maximum qui peut être transportée par une ligne de 220 kV est de 150 MW, la centrale de Ouargla a l'objectif de renforcer l'alimentation en électricité de la région de Ouargla en cas de :

- Travaux de maintenance sur une ligne de transport venant de HMD ;
- Incident au niveau des lignes 220 kV ;
- Défaut au niveau de transformateurs de GRTE/HMD.

Conclusion

Dans ce chapitre on a donné une vision générale sur la société algérienne de production de l'électricité (SPE) ainsi la centrale de production TG Mobile de Ouargla et son unité d'appartenance (HMO), on a aussi compris que le but d'installation de la centrale n'est pas uniquement pour des besoins énergétiques mais plutôt pour des raisons de renforcement du réseau en cas des travaux de maintenance ou en cas d'incident. On a constaté aussi que suite aux données de la centrale de production TG Mobile de Ouargla, la centrale ne fonctionne que pendant la période allant de mois de Mai au mois de Septembre (centrale de pointe).

CHAPITRE II

**Partie mécanique & électrique de la
centrale TG Mobile de Ouargla**

Introduction

Le descriptif qui va suivre prend en compte l'hypothèse selon laquelle l'utilisation du couple turbo-jet, turbine libre comme moteur d'entraînement d'un alternateur est d'une pratique courante quand il s'agit d'un groupe de la taille de celui qui nous intéresse. C'est pourquoi la présente description s'adresse à un groupe de ce genre. En Algérie on trouve le même type de turbine à gaz (AERODERIVATIVE) qui proche de PWPS Mobile Pac FT8-3, c'est TM2500 de GE (General Electric). Nous allons aussi voir la partie Electrique en générale comme l'alternateur triphasé qui est la source primaire de toute l'énergie électrique que nous consommons sans oublier les transformateurs.

Générateur de gaz (GG)

II.1.1 Généralités

Le générateur de gaz fonctionne suivant un cycle simple, à deux arbres coaxiaux et construit de façon modulaire et indépendant de la turbine de puissance. L'écoulement dans le compresseur et la turbine haute température sera du type axial avec chambres de combustion annulaires. Le Constructeur garantit le bon rendement à charge partielle.

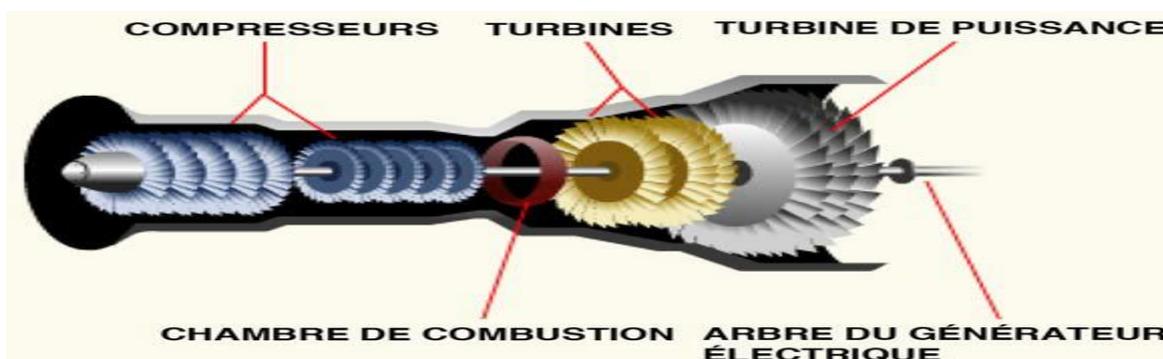


Figure 0-1: Groupe turbocompresseur FT8-3 [12]

II.1.1.1 Compresseur d'air

Pour permettre une exploitation stable aux divers régimes du générateur, le compresseur est composé de deux compresseurs tournant à deux vitesses différentes.

Il(s) augmente(nt) la pression de l'air lorsqu'il entre dans la chambre de combustion du générateur de gaz. La section compresseur contient 13 étages équipée des soupapes anti-pompage (Bleed Valves).

L'air est extrait des compresseurs aux Étage 6, Étage 8 et Étage 13.

Système de prélèvement d'air anti-pompage, pendant l'arrêt les soupapes anti-pompage sont ouvertes, mais dès que le disjoncteur 52G se ferme, les soupapes anti pompage doivent être fermées.

Remarque : l'air est comprimé afin d'optimiser le processus de combustion. En effet, l'énergie libérée est proportionnelle à la masse, et par conséquent, à la pression de l'air.

II.1.1.2 Système de combustion

La section de combustion se compose de neuf chambres disposées en anneau autour des arbres de la turbine et placées entre le compresseur arrière et la turbine HP, les chambres de combustion n° 4 et 7 sont dotées d'une bougie d'allumage. Au premier allumage, les flammes se propagent de ces deux chambres vers les autres chambres par des tubes de transition de flammes intégraux qui relient les neuf chambres.

Si on compare avec les autres TG la plus part sont équipés de détecteur de flamme, y compris GE LM 2500, dans la TG FT8-3, c'est la variation de température d'échappement $\Delta T = 25^\circ\text{C}$ en fonction du temps qui nous indique la présence de la flamme et cela grâce aux thermocouples d'échappement de type K.

II.1.1.3 Chambres de combustion

Elles fournissent un espace pour la combustion et l'injection du combustible. L'air sortant du compresseur est mélangé au combustible dans la chambre de combustion. Le mélange de combustible est ensuite allumé et brûlé. Cela augmente l'énergie thermique afin d'élargir la quantité d'air et d'accélérer l'écoulement massique des gaz chauds dans la turbine. On trouve plusieurs types de chambre de combustion dans les turbine à gaz on a :

- Chambres de combustion à cornes (deux chambres)
- Chambre de combustion annulaire (une seule chambre)

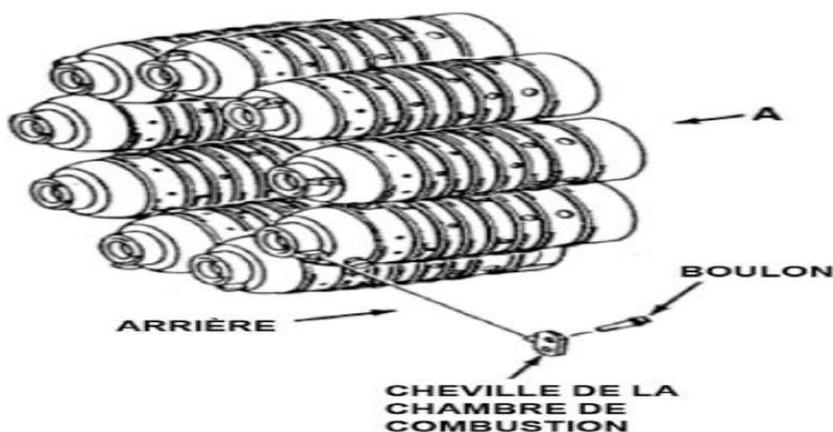


Figure 0-2: chambres de combustion [12]

II.1.1.4 Turbine

Elle extrait l'énergie cinétique provenant des gaz en expansion et convertit l'énergie en puissance sur l'arbre afin d'entraîner les compresseurs.

La turbine servant à l'entraînement du compresseur sera du type à disques forgés rapportés sur l'arbre. Il sera prévu un refroidissement des aubes TURBINE DE PUISSANCE.

Dans certaines applications, le gaz d'échappement sortant de la turbine du moteur est utilisé pour alimenter une « TURBINE DE PUISSANCE » ou, comme on l'appelle parfois, une « TURBINE LIBRE ». C'est cette application qui est utilisée dans les systèmes de PWPS. Les gaz chauds s'échappant de la turbine basse pression alimentera une turbine de puissance connectée au générateur électrique.

La turbine de puissance est à quatre étages. L'interface entre le générateur de gaz et la turbine de puissance est une conduite conçue pour réaliser un écoulement gazeux avec un minimum de pertes et encaisser les dilatations dues aux variations importantes de la température. Les disques de turbine seront en acier forgé à haute tenue au fluage. L'arbre turbine est protégé des gaz chauds par un système d'étanchéités dynamiques adéquat. L'évacuation des gaz se fera vers le haut à travers une gaine diffuseur en acier résistant aux hautes températures.

Contrairement à l'autre turbine à gaz, la plupart ont uniquement une seule turbine avec un seul arbre (MonoShaft).

Il existe deux types de compresseurs axiaux de base pour la turbine à gaz :

- Le compresseur simple ;
- Le compresseur double.

Le FT8-3 de Pratt & Whitney est un moteur à compresseur double.

Un moteur à compresseur double est doté de deux compresseurs et de deux turbines. Le compresseur avant (compresseur basse pression) est monté sur le même arbre que la turbine arrière (turbine basse pression).

La turbine basse pression alimente le compresseur basse pression. Le compresseur arrière (compresseur basse pression) est monté sur le même arbre que la turbine avant (turbine basse pression). La turbine haute pression alimente le compresseur haute pression.

L'arbre coté du compresseur HP et de la turbine HP est creux afin que l'arbre coté du compresseur basse pression et de la turbine basse pression puisse y passer.

NB : Aucun des deux compresseurs et aucune des deux turbines ne sont reliés mécaniquement.

II.1.1.5 Turbine de puissance

La turbine de puissance est couplée de manière aérodynamique au générateur de gaz. Le seul raccord physique se trouve au niveau des brides. La turbine de puissance alimente le générateur électrique. Son poids à sec s'élève à 6 023,71 kg. La turbine prend en charge 4 000 tr/min au maximum. La turbine de puissance peut tourner dans le sens des aiguilles d'une montre ou dans le sens inverse des aiguilles d'une montre à 50 Hz ou à 60 Hz.

Dans les TG de grandes puissances, le compresseur, la turbine et l'arbre de l'alternateur sont fixés dans le même arbre, sachant que la conception de la turbine se diffère d'un constructeur à un autre. Par exemple on trouve que la turbine GE MS9001, la turbine à trois (03) étages, GE TM2500 la turbine de puissance possède six (06) étages.

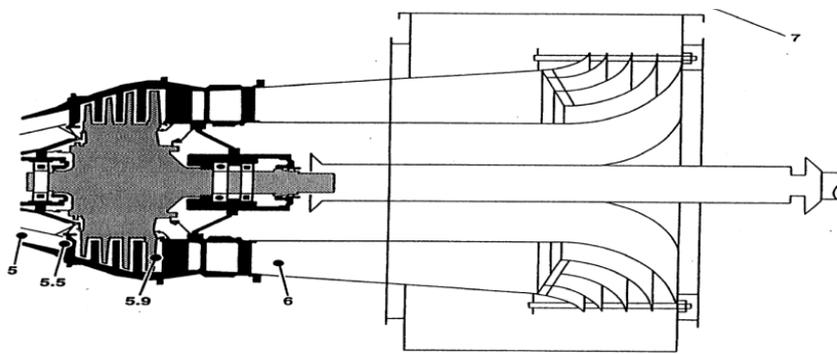


Figure 0-3 : Turbine de puissance [13]

II.1.2 Cycle de BRAYTON

Le moteur de la turbine à gaz est basé sur un cycle de BRAYTON modifié. Le moteur utilise un processus d'écoulement continu au sein duquel les différents éléments prélèvent de l'air via divers processus :

- Compression ;
 - Ajout de chaleur (combustion) ;
 - Expansion (détente).
- **La compression** (1-2) de l'air est réalisée par le compresseur. L'énergie obtenue des turbines est utilisée pour accélérer et comprimer l'air. La compression diminue le volume spécifique et augmente la pression totale.
 - **La combustion** (2-3) est réalisée dans la chambre de combustion. Le combustible est brûlé afin de transformer l'énergie chimique en énergie cinétique. La température totale et le volume spécifique augmentent considérablement au fur et à mesure que la pression totale diminue légèrement.

- **La détente** (3-4) des gaz survient dans la tuyère d'échappement et de la turbine. L'énergie est extraite de la turbine afin d'alimenter le compresseur. La poussée est augmentée par l'accélération des gaz dans les tuyères d'échappement (4-5). Au cours de la détente, le volume spécifique augmente tandis que la pression totale diminue.

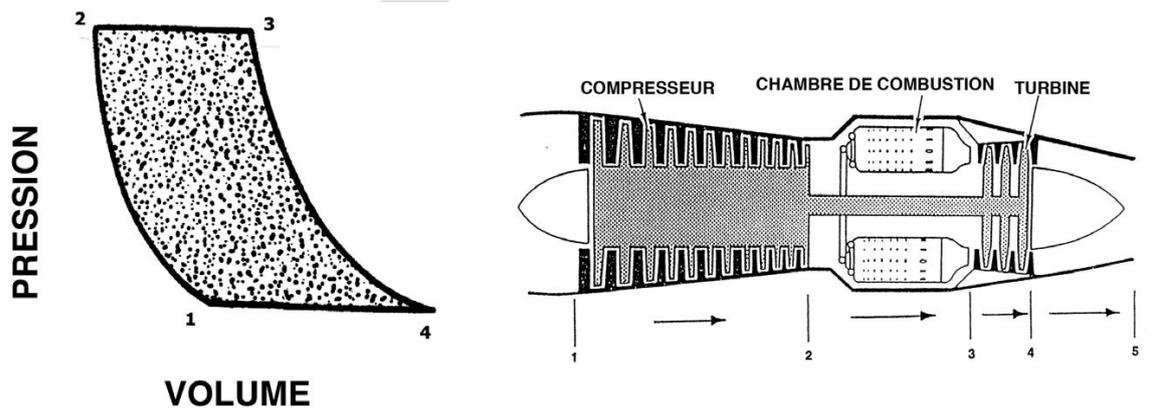


Figure 0-4: Cycle de BRAYTON

Dans un cycle idéal, la compression et la détente sont supposées isentropiques et la combustion est supposée isobare [11].

II.1.3 Poussée du générateur de gaz

Les moteurs de la turbine à gaz développent la poussée, conformément aux lois du mouvement de Newton.

- **La troisième loi de NEWTON** : pour chaque action, il existe toujours une réaction opposée et égale.
- **La deuxième loi de NEWTON** : un changement dans le mouvement est proportionnel à la force appliquée.

La poussée est générée par des forces aux pressions déséquilibrées provenant du moteur suite à une accélération d'un écoulement massique (air et combustible).

La poussée générée par un générateur de gaz est utilisée pour déplacer des objets. L'objet peut être aussi grand qu'un avion ou aussi petit d'une pale de turbine.

II.1.4 Facteurs affectant la poussée

La densité de l'air affecte la quantité de la masse qui traverse le moteur. La température affecte la densité de l'air. Au fur et à mesure que la température augmente, la densité de l'air diminue et moins de poussée est produite.

$$\text{Force} = \text{Masse} \times \text{Accélération}$$

La pression affecte la densité de l'air. Au fur et à mesure que la pression augmente, la densité de l'air s'accroît également.

En utilisant deux compresseurs, le GG peut maintenir un plus haut niveau de compression pour la combustion. La pression plus élevée engendre un plus haut niveau de poussée. Deux turbines sont nécessaires, une pour alimenter le compresseur basse pression et une autre pour alimenter le compresseur haute pression.

Contrairement à la turbine aérodérivée GE LM 2500 qui possède un seul compresseur HCP et une seule turbine HPT.

Autres Systèmes

II.1.5 Système oléo hydraulique

Le système hydraulique est parfois appelé système à muscle hydraulique car il fournit l'énergie nécessaire au fonctionnement des vérins hydrauliques et des vannes hydrauliques et électriques.

Le but du système oléo hydraulique est de fournir l'huile de pression nécessaire au fonctionnement des actionneurs électro hydrauliques afin de placer :

Les aubes directrices d'admission, IGV (Inlet Guide Vane) ; les aubes du stator variable, VSV (Variable Stator Vane) ;

Remarque : Les actionneurs ne sont étalonnés qu'à 0 et 100 %. La plage de fonctionnement va de 10 à 92 %.

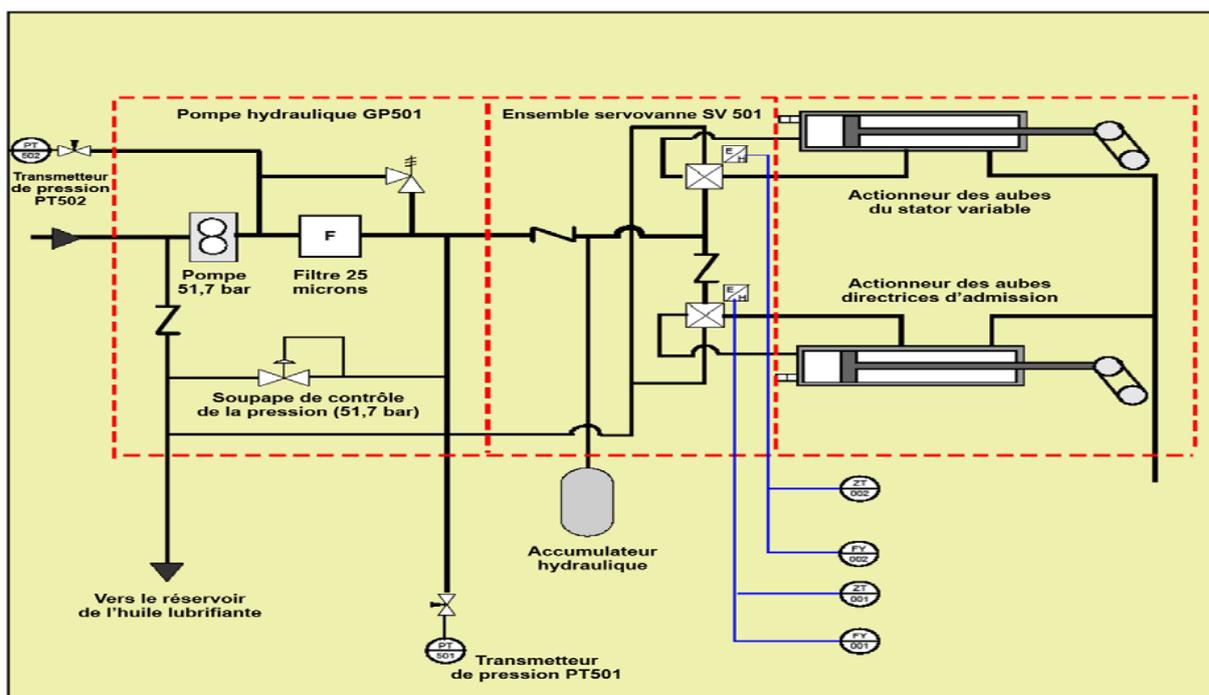


Figure II-5: Système oléo hydraulique [14]

II.1.6 Vitesse nominale

La vitesse nominale de la turbine libre est de 3000 tr/mn pour le réseau de 50Hz

Limites de survitesse (vitesses maximum) :

- Compresseur haute pression (NH) : 12 550 tr/min ;
- Compresseur basse pression (NL) : 7 650 tr/min ;
- Turbine de puissance (NP) : 3 960 tr/min.

Pour les TG mono-arbre la vitesse maximum ne doit pas dépassée 110% soit 3300 tr/min de la vitesse nominale pour 50Hz.

II.1.7 Accouplement

L'accouplement turbine de puissance - alternateur L'accouplement entre la turbine de puissance et l'alternateur sera du type : Semi-rigide.

Les fonctions du système d'accouplement sont les suivantes :

- Assurer l'entraînement mécanique de l'alternateur par le turbomoteur,
- Protéger la turbine contre les risques de sur-couple en assurant un désaccouplement instantané de l'alternateur en cas de défaut électrique,
- Tolérer un désalignement résiduel entre l'arbre du turbomoteur et celui de l'alternateur.

II.1.8 Lubrification

Le graissage des parties mécanique en mouvement est très important pour cela, il est conseillé d'inspecter visuellement les circuits de graissage et de lubrification avant chaque démarrage et après chaque arrêt.

II.1.8.1 Circuit de graissage turbine

Le réservoir côté turbine a une capacité de 140 Litres , il comprendra notamment : une pompe à engrenage mécanique située au niveau de la boîte à engrenage (GearBox), une pompe principale centrifuge (1x100%) entraînée par moteur à courant alternatif, une pompe de secours entraînée par moteur à courant continu. Des crépines sont prévues à l'aspiration des pompes et un filtre fin double commutable en marche au refoulement.

Le refroidissement de l'huile des paliers se fait par l'intermédiaire de radiateurs à air forcé en mode direct huile/air. Les radiateurs seront de conception modulaire et leur dimensionnement tiendra compte d'une température ambiante de 50°C. Une marge sur le débit d'air installé ainsi que la section d'échange installé est pris en considération. Une vanne thermostatique TCV insérée judicieusement dans le circuit permettra le conditionnement en température de l'huile quelles que soient les conditions climatiques à l'extérieur.

Avant l'installation du système autonettoyant, la régulation de température est obtenue par variation de vitesse du ventilateur entraîné par moteur électrique, mais maintenant les deux ventilateurs fonctionnent en plein régime et ils sont entraînés par deux moteurs plus puissants. En matière d'instrumentation, la surveillance et la sécurité du générateur de gaz seront assurées par un certain nombre d'indicateurs de pression et température installés en amont et en aval des paliers.

Des thermostats et des pressostats sont judicieusement localisés sur le circuit, leur action donnera lieu à des alarmes et déclenchements.

Le colmatage du filtre principal est annoncé par pressostat différentiel, en plus de l'indicateur visuel, les réservoirs de service sont dotés de capteurs de niveau signalant les niveaux d'huile dans ces réservoirs, notamment le niveau bas (alarme) et très bas (déclenchement).

II.1.8.2 Circuit de graissage de l'alternateur

Le réservoir comprendra notamment : une pompe principale centrifuge **P3002** (1x100%) entraînée mécaniquement par l'extrémité de l'arbre tournant de l'alternateur, une pompe DC **P3001** de secours entraînée par moteur à courant continu. Des crépines sont

prévues à l'aspiration des pompes et un filtre fin double commutable en marche au refoulement.

Le refroidissement de l'huile des paliers se fait par l'intermédiaire de radiateurs à air forcé en mode direct huile/air **FN3001**. Les radiateurs seront de conception modulaire et leur dimensionnement tiendra compte d'une température ambiante de 50°C. Une vanne thermostatique **TCV 3001** insérée judicieusement dans le circuit permettra le conditionnement en température de l'huile quelles que soient les conditions de l'ambiance à l'extérieur.

La régulation de température est obtenue par variation de vitesse du ventilateur entraîné par moteur électrique.

En matière d'instrumentation, la surveillance et la sécurité du générateur de gaz seront assurées par un certain nombre d'indicateurs de pression et température installés en amont et en aval des paliers. Des thermostats et des pressostats seront judicieusement localisés sur le circuit. Leur action donnera lieu à des alarmes et déclenchements. Le colmatage du filtre principal sera annoncé par pressostat différentiel. En plus de l'indicateur visuel.

Des capteurs de niveau LSL3001, LSH3001 et LSL3001 signalant les niveaux d'huile dans le réservoir TK3001, notamment le niveau bas LSL (alarme) et très bas LSL (déclenchement).

Remarque : Les bâches ou les réservoirs de service TK 3001 et TK 601 sont sablés et protégés intérieurement contre la corrosion selon la **norme Sa 2, 5** et comprendront un point bas de vidange et des résistances chauffantes H601 et H3002. Des prises d'échantillonnage d'huile seront prévues sur chaque circuit.

II.1.9 Système de lancement - virage

Le système de lancement et de virage contient un réservoir d'huile, une pompe d'aspiration associée à une pompe de refoulement entraîné par un moteur électrique MOP101. AC. 3ph. 150HP, 400V, des filtres de 10 Microns, des capteurs de pression PT101 et PT102, ainsi des capteurs de niveau dans le réservoir d'huile et un capteur de température TE101.

Le système de lancement ne possède aucun outil de refroidissement.

Circuit de système auto nettoyant (desert filtration) et Bruit

• Circuit de système Auto nettoyant

Le système d'air comprimé est constitué principalement d'une station de compression d'air, de ballons de stockage tampon, d'une installation de séchage d'air et de réseaux de distribution d'air pour les filtres autonettoyants de la TG et pour les instruments.

La pression normale PT1301 des réseaux de distribution se situera entre 5 à 7 bars, et suite à ces valeurs le compresseur enclenche et déclenche (**voir ANNEXE 1**)

• Bruit

Le seuil de bruit autour des cabines du turbogénérateur ne doit être conforme aux limites imposées par la réglementation en vigueur en Algérie pour les groupes turbine à gaz (voir décret exécutif **N 93-184 du 27 juillet** 1993 relatif aux émissions des bruit). Le niveau sonore de l'ensemble de l'installation ne devra dépasser 65 dB à 100 m du groupe et 96dB à 1m de celui-ci.

Tableau II-1:limites des niveaux sonores [13]

Type d'équipement	Les niveaux limites dB(A)
Pour tous les équipements lourds sonorisant (turbines, alternateurs, transformateurs principaux et poste de détente gaz, ...etc.)	95 dB (A) à 1 m
Ateliers	75 dB (A) à 1m
Salle de commande, de relais, d'ordinateurs, laboratoire	60 dB (A) à 1 m
Bâtiment administratif, bâtiment d'accueil, bureaux, salle de réunion	45 dB (A) à 1m

Boite à engrenages principale – Gear Box

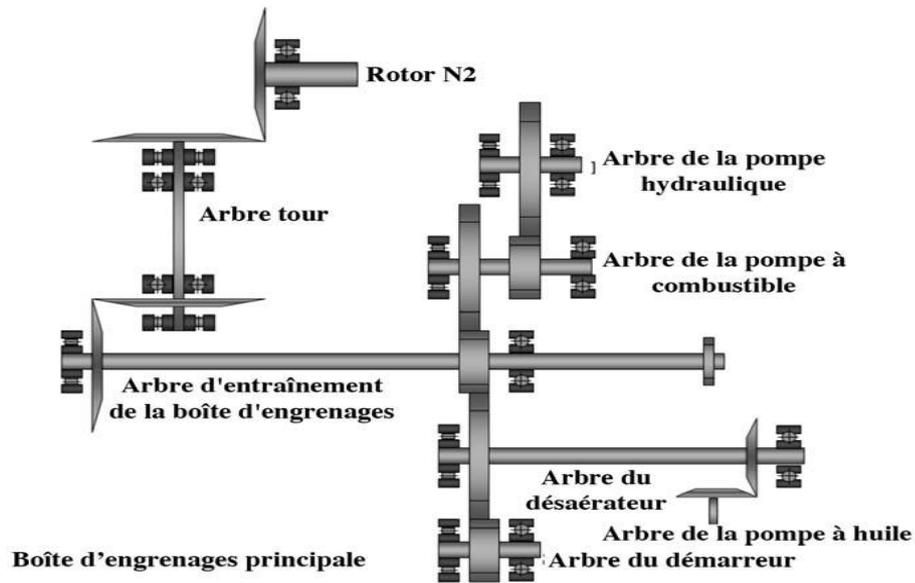


Figure 0-6: Gear Box [13]

La partie de la boîte d'engrenages (Gear Box), contient un ensemble des arbres d'entraînement des pompes suivantes :

- Pompe hydraulique (hydraulic system)
- Pompe à combustible
- Pompe à l'huile (lubrification de GG)

Ainsi la transmission du mouvement de l'arbre du démarreur jusqu'au Rotor via l'arbre tour (shaft tour). On trouve aussi deux capteurs de vitesse pour mesurer la vitesse de l'arbre NH.

Si on compare avec les autres TG, on trouve que les TG de grande puissance ne sont pas équipées de ce système, sauf dans la TG Aéroderive de GE. LM2500

Partie électrique

II.1.10 Données techniques du réseau

Données techniques du réseau à haute tension :

Tableau 0II-2: Données techniques du réseau à haute tension

Système électriques	Triphasé
Tension nominale	30 kV / 60 kV
Fréquence nominale	50 Hz
Puissance de court circuit	500 MVA / 2.5 GVA

Les variations de tension et de fréquence sont à considérer indépendantes l'une de l'autre.

II.1.11 L'alternateur

II.1.11.1 Généralités

L'alternateur ou générateur transforme l'énergie mécanique en électricité, la conversion d'énergie mécanique en énergie électrique est un processus fondamental effectué dans toutes les centrales électriques et ce, quelle que soit la source d'énergie utilisée (eau, vent, combustibles fossiles ou nucléaires). Cette conversion est réalisée dans un alternateur. L'opération est basée sur la loi d'induction de Faraday [15].

Pour connaître comment lire la signification de la référence de l'alternateur utilisé pour dans la centrale de Ouargla (voir l'ANNEXE 2).

II.1.11.1.1 Loi de Faraday sur l'induction électromagnétique

La loi de Faraday sur l'induction électromagnétique, illustrée à la Figure II-7, stipule que, si un conducteur est déplacé dans un champ magnétique, une force électromotrice (EMF) ou simplement, une tension, est induite dans ce conducteur, il s'ensuit que, si les extrémités du conducteur sont connectées à galvanomètre (courant mètre) [16] [17].

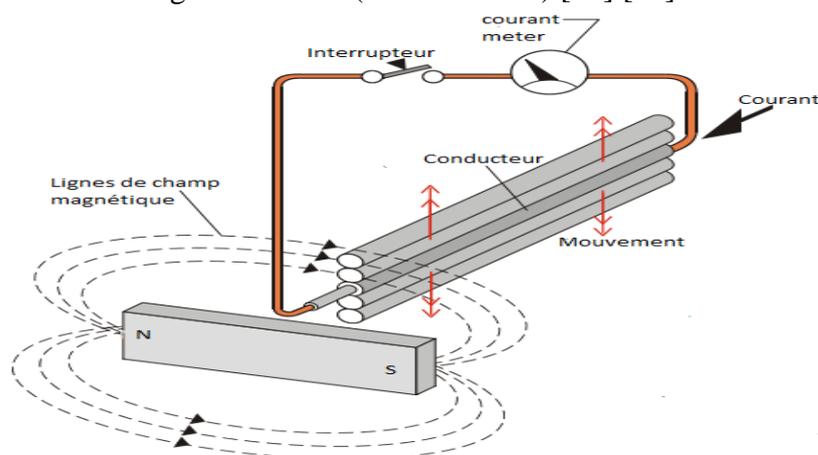


Figure 0-7 : Généré un courant dans un conducteur

Faraday a montré que si un fil bouge dans un champ magnétique, une charge artificielle ou une tension sera créée dans ce fil. Faraday a également montré que l'amplitude de la tension induite dans le conducteur en mouvement dépend de la force du champ magnétique et de la vitesse de déplacement, et de rien d'autre. Ces deux lois constituent la base de la production d'énergie électrique, à la fois en courant alternatif et en courant continu. Le sens du courant est déterminé par la règle de Fleming, aussi appelée règle de la main droite [17].

II.1.11.1.2 Générateur triphasé simple

En positionnant trois boucles, ou bobines, autour d'un aimant rotatif, comme illustré en Figure II-8 (A) ci-dessus, trois formes d'onde de tension sont générées à chaque tour. En disposant les bobines à 120 degrés de distance mécanique (norme industrielle), une alimentation triphasée est produite, comme illustré en Figure II-8 B, ci-dessus [17].

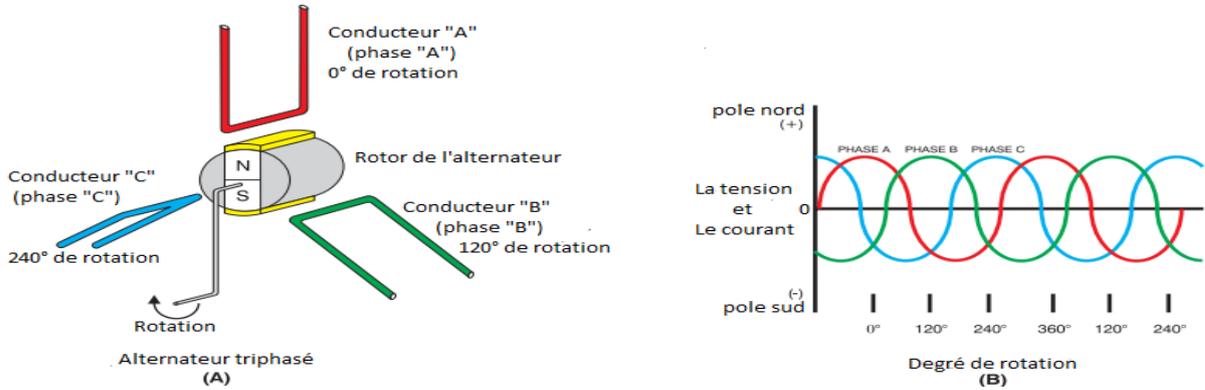
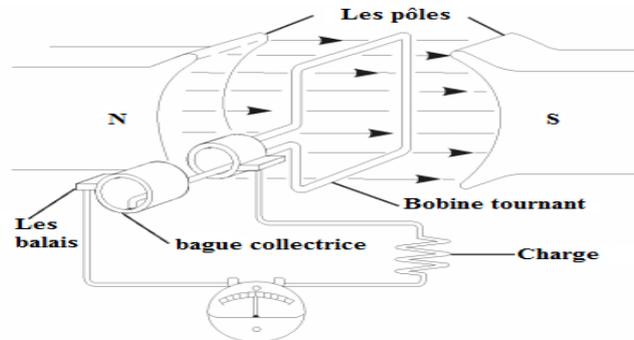


Figure 0-8: Générateur triphasé simple [17]

II.1.11.1.3 Génératrice élémentaire

Une génératrice élémentaire se présente sous forme d'une bobine tournant à l'intérieur d'un champ magnétique produit par les pôles nord et sud, comme le montre la figure suivante



FigureII-9: Génératrice élémentaire [17]

Cette bobine est entraînée par une source mécanique externe, une manivelle dans l'exemple de la figure ci-dessus. Les extrémités de la bobine sont connectées à deux bagues collectrices. Sur les bagues frottent les balais auxquels est connecté le circuit extérieur comprenant des récepteurs d'énergie électrique, ici, nous avons branché un galvanomètre pour mesurer le courant induit. [18]

Jusqu'à présent, seuls des aimants permanents ont été pris en compte pour la production du champ magnétique. On peut obtenir de bien meilleurs résultats en utilisant un électro-aimant, qui peut produire des champs beaucoup plus forts et donc des tensions induites beaucoup plus élevées comme la figure ci-dessus.

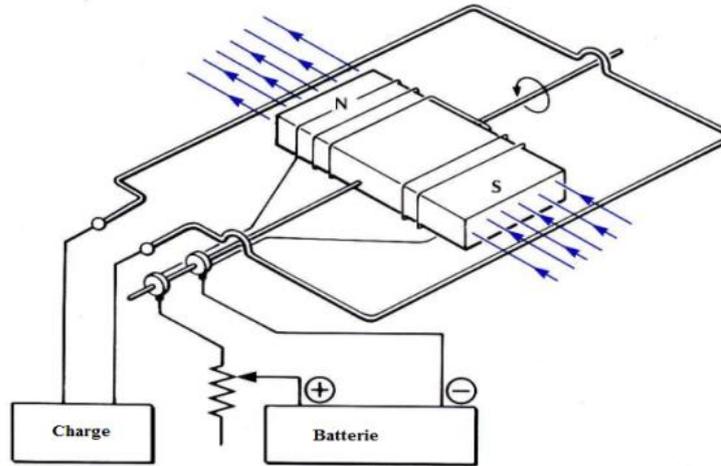


Figure II-10: Génératrice élémentaire

Cependant, dans ce cas, la bobine doit être alimentée en courant continu. Cela peut provenir d'une batterie ou d'une autre source CC, mais une paire de bagues et de brosses doit être utilisée pour amener le courant de la batterie à la bobine de magnétisation en mouvement appelée « bobine de champ ». On dit que cette bobine "excite" le champ et le processus entier s'appelle "excitation". Parce que le champ magnétique n'est pas permanent mais est un électroaimant, il est possible de faire varier le courant de la bobine par une résistance et donc de faire varier l'intensité du champ magnétique lui-même. Cela à son tour fera varier la valeur de tension induite.

En utilisant ce principe, il est possible pour un opérateur de contrôler (à distance) la tension de la machine en faisant varier l'excitation. Ceci est illustré dans la Figure II-11 [16].

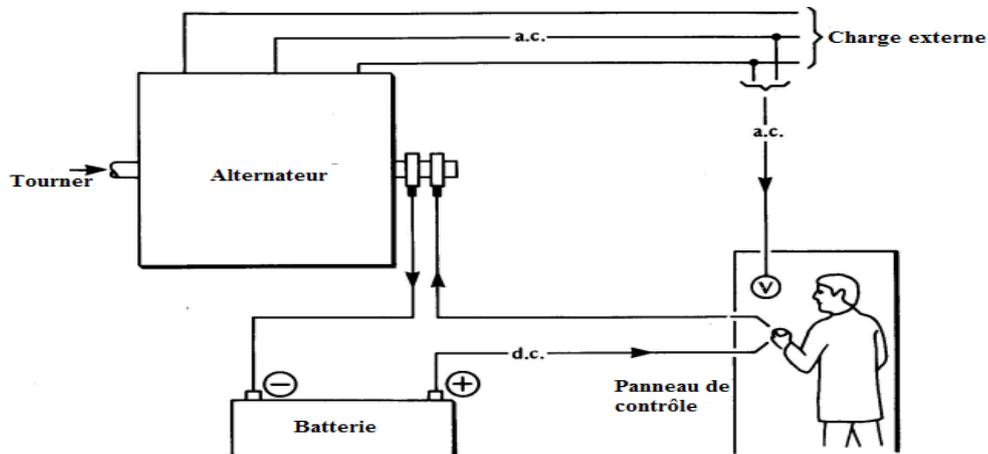


Figure 0-11: Contrôle de voltage

II.1.11.1.4 Relation entre la vitesse de l'arbre et le nombre de pôles

L'alternateur qui est utilisé dans les centrales thermiques (turbine à gaz ou vapeur) sont des machines synchrones à pôles lisses (entrefer constant), ces machines génératrices de courant portent le nom de turbo-alternateur, utilisé surtout pour les grandes vitesses, donc elles ont 3, 2 ou 1 pair de pôles [19].

La fréquence f (Hz) est fonction du nombre de pôles sur le rotor et de sa vitesse, comme indiqué dans le tableau ci-dessus :

$$N = \frac{60 \times f}{P}$$

N : La vitesse ; f : La fréquence (50 Hz) ; P : Nombre de pair de pôles

Tableau 0-3: la vitesse de l'arbre et le nombre de pôles

Pour 50Hz	
1 pair de pôles	$N = \frac{60 \times 50}{1} = 3000 \text{ tr/min}$
2 pairs de pôles	$N = \frac{60 \times 50}{2} = 1500 \text{ tr/min}$
3 pairs de pôles	$N = \frac{60 \times 50}{3} = 1000 \text{ tr/min}$
4 pairs de pôles	$N = \frac{60 \times 50}{4} = 750 \text{ tr/min}$

La turbine de puissance de FT8-3 MOBILE PAC fonctionne à 3 000 tr / min, ce qui permet au générateur de produire une puissance sous une fréquence de 50 Hz avec un rotor à deux pôles.

II.1.11.2 Système d'excitation

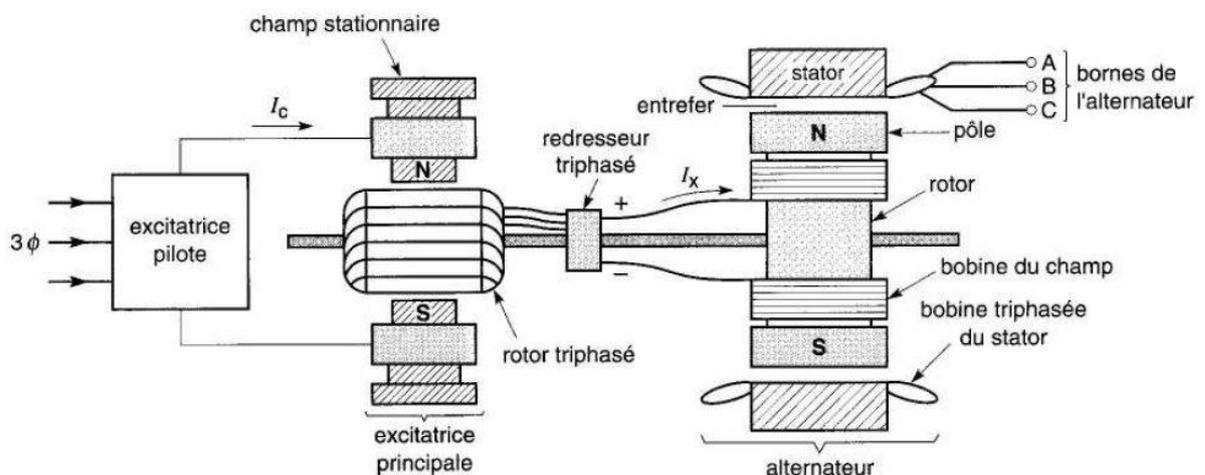


Figure 0-12: Système d'excitation Diodes Tournantes [24]

L'excitation d'un alternateur puissant constitue un de ses éléments les plus importants. En effet, le champ doit non seulement induire une tension appropriée, mais il doit aussi pouvoir varier rapidement lorsque la charge varie brusquement. La vitesse de réponse est un facteur important pour le maintien de la stabilité du réseau auquel l'alternateur est branché. Afin d'obtenir une réponse rapide on utilise deux excitatrices : une excitatrice principale et une excitatrice pilote.

En régime normal, l'excitation est commandée automatiquement, elle varie suivant les fluctuations de la charge pour garder la tension constante ou, encore, pour changer la puissance réactive débitée par l'alternateur.

Une perturbation grave sur un réseau peut occasionner une baisse subite de la tension aux bornes de l'alternateur.

L'excitatrice doit alors répondre très rapidement pour soutenir la tension. Par exemple, la tension d'excitation peut doubler par rapport à sa valeur nominale en 300 ou 400 ms, ce qui représente une réaction extrêmement rapide, si l'on considère que la puissance des excitatrices est de quelques milliers de kilowatts.

II.1.11.2.1 Excitation sans balais

À cause de l'usure des balais et de la poussière conductrice qu'ils dégagent, il faut effectuer une maintenance constante des bagues et du collecteur, sinon on risque des courts-circuits. Pour éviter ce problème, on utilise de nos jours les systèmes d'excitation sans balais dans lesquels un alternateur-exciteur et un groupe de redresseurs fournissent le courant continu à l'alternateur principal.

Si on compare le système d'excitation de Diodes tournantes et celui de collecteur, on constate qu'ils sont identiques, sauf que le redresseur remplace le collecteur, les bagues et les balais. Le courant de commande I_{cmd} provenant de l'excitatrice pilote régularise I_x , comme dans le cas d'une excitatrice à courant continu.

II.1.11.2.2 Systèmes de commande d'excitation de générateur

La Figure II-13 montre comment il serait possible (pour un opérateur) de contrôler la tension de la machine principale en ajustant la résistance, ce qui modifie l'excitation, c'est-à-dire. Si l'opérateur connaît la tension qu'il veut voir sur un voltmètre connecté à la sortie du générateur, il peut ajuster la résistance jusqu'à ce que la valeur requise soit atteinte. C'est ce qu'on appelle le "contrôle de l'excitation». Pour automatiser le processus, un dispositif électronique appelé régulateur automatique de tension (AVR) ou contrôleur d'excitation est utilisé pour détecter la tension de sortie et la comparer à une donnée qui a été précédemment réglé à la main. L'AVR décide si la tension de sortie est correcte, trop élevée ou trop basse.

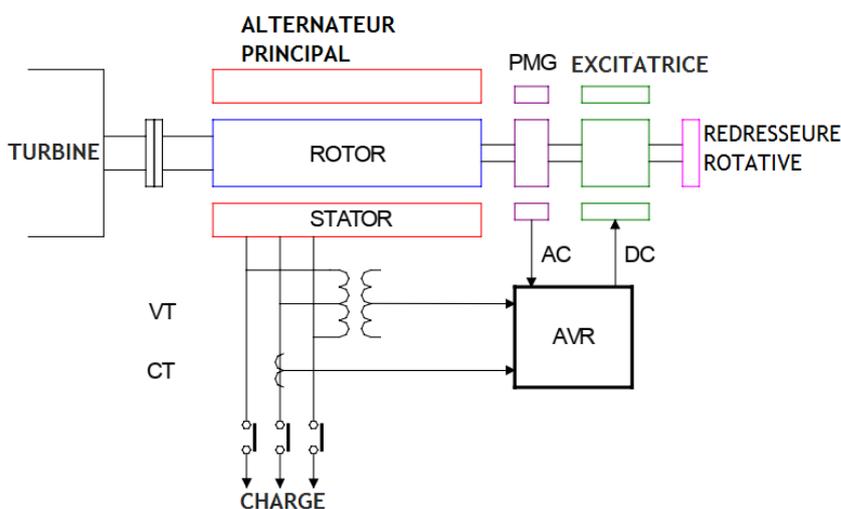


Figure 0-13: système d'excitation sans balais+AVR [16]

Ainsi dans la Figure illustré un système d'excitation sans balais, plus AVR, le redresseur à pont triphasé rotatif, et le champ principal du générateur de courant alternatif sont tous montés sur le même système d'arbre rotatif. Toutes les connexions électriques sont effectuées le long ou à travers le centre de l'arbre.

Il est courant d'ajouter une petite seconde, ou excitatrice 'pilote' (ou générateur à aimant permanent - PMG) pour exciter l'excitateur principal [16].

II.1.11.2.3 Câblage de diode d'excitateur

L'unité (roue à diodes) est composée de douze diodes, chacune avec un fusible en série, sont montées en paires parallèles dans un pont triphasé.

Les diodes au silicium sont connectées pour former un circuit redresseur à double alternance triphasé. Les fusibles sont montés à l'arrière de l'ensemble redresseur en rotation. Les diodes n'ayant que deux modes de défaillance (court-circuit ou ouvert), les fusibles offrent une

protection contre les sur intensités. Chaque diode a une tension de crête inverse supérieure. Par conséquent, il a une grande tolérance contre les surtensions possibles [20][17].

1. Rotor ;
2. Redresseur ;
3. Diode de silicium ;
4. Fusibles ;
5. L'induit de l'excitatrice ;
6. Enroulement de Rotor de générateur ;
7. Stator de Générateur ;
8. Enroulement de stator de l'excitatrice.

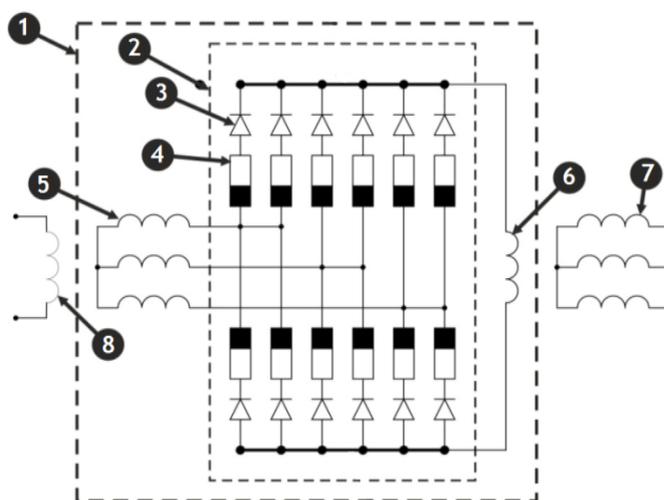


Figure 0-14: Ensemble redresseur rotatif (12 diodes) [20]

II.1.11.2.4 Avantages de l'excitation sans balai (Brushless) [21]

- Aucun entretien ;
- Pas de vérification ou remplacement de balais ;
- Pas de pollution dans l'alternateur principal ;
- Meilleur isolement de l'alternateur principal ;
- Augmentation très nette de la durée de vie de l'alternateur ;
- Possibilité de fonctionner en îlotage avec un alternateur pilote : PMG ;
- Dans le cadre de rénovation, remplacement des bagues ou excitatrice à collecteur par un exciteur en lieu et place.

II.1.12 Alternateur, équipements auxiliaires et moteurs électriques

Données nominales CEI d'alternateur à 15°C

Tableau 0-4: Données nominales CEI d'alternateur 15°C [20] [13]

Désignations	Paramètre
➤ Système électrique	➤ triphasé
➤ Fonctionnement	➤ continu
➤ Puissance active avec un facteur de puissance 0,85	➤ 25. 2 MW
➤ Tension nominale +/- 7, 5%	➤ 11.5 KV +/- 7, 5%
➤ Facteur de puissance	➤ 0. 85
➤ Tension nominale entre phases	➤ 11.5 KV
➤ Variation de tension	➤ +/- 7, 5%
➤ Fréquence nominale	➤ 50 Hz
➤ Vitesse nominale	➤ 3000 tr/mn
➤ Vitesse d'emballement pour l'essai	➤ 4320 tr/mn
➤ La norme	➤ CEI 60034-3

II.1.12.1 Conception de l'alternateur

Le groupe FT8-3 MOBILE PAC comprend un générateur de BRUSH –BDAX 62-170ER, qui est une machine synchrone à 2 pôles, comporte un inducteur (rotor) et un induit (stator), à deux roulements équipée d'une excitatrice rotative sans balai et d'un générateur à aimant permanent (PMG) à l'extrémité non motrice [20].

Principalement utilisés de concert avec les turbines à gaz et à vapeur qui doivent tourner très vite pour conserver leur élan, les générateurs bipolaires fonctionnent à 3 000 tr / min à 50 Hz et à 3 600 tr / min à 60 Hz [22].

Les alternateurs utilisés dans la centrale, sont du type à axe horizontal à paliers flasques et à excitatrice à diodes tournantes, sans bagues ni balais. L'ensemble alternateur et excitatrice sont monté sur socle rigide.

L'alternateur est ventilé en circuit ouvert [13].

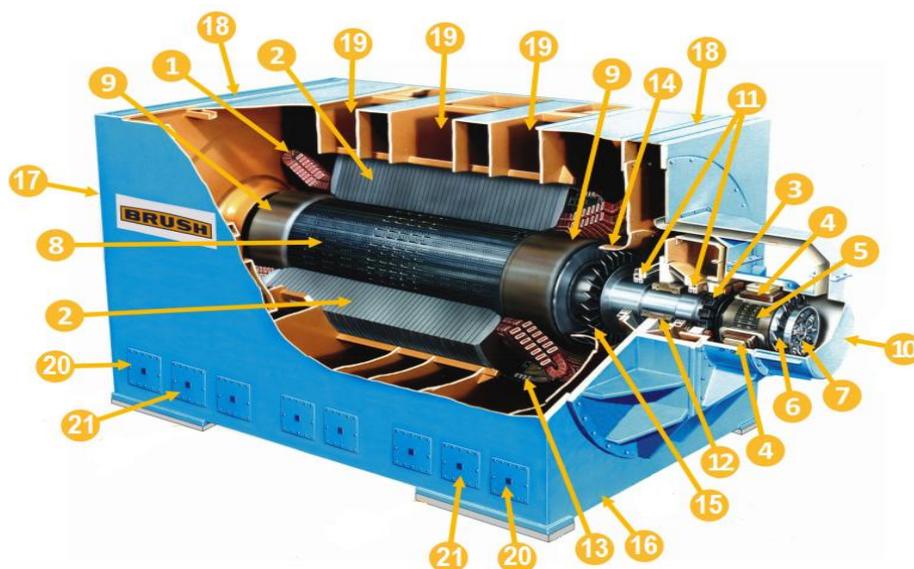


Figure II-15: Constitution de l'alternateur [20]

- | | |
|---|--|
| 1. Enroulement de stator | 11. Joint de palier |
| 2. Noyau de stator | 12. Roulement principal |
| 3. Excitatrice pilote à aimant permanent (PMG) | 13. Supports d'enroulement de stator |
| 4. Stator de l'excitatrice | 14. Enveloppe de ventilateur |
| 5. Induit de l'excitatrice | 15. Ventilateur de refroidissement monté |
| 6. Ventilateur de l'excitatrice | 16. Carcasse de stator |
| 7. Redresseur rotatif (roue à diodes) | 17. Entraînement (couplage) |
| 8. Rotor | 18. Entrées d'air de refroidissement |
| 9. Embout de rotor (bague de retenue) | 19. Échappement d'air de refroidissement |
| 10. Excitatrice | 20. Couvercle d'accès pour maintenir les boulons |
| 21. Couvercle d'accès pour appareils de chauffage anti-condensation | |

II.1.12.1.1 Stator

Le noyau de stator (2) est constitué de tôles d'acier au silicium laminées à froid de haute qualité avec une perte de noyau minimale.

Celles-ci les laminassions sont perforées pour produire des segments et leur surface est isolée par un vernis cuit. Le traitement est efficace pour réduire les pertes par courants de Foucault dans le noyau.

Afin de refroidir efficacement le noyau, des conduits de ventilation sont prévus à intervalles appropriés dans une direction axiale pour une ventilation radiale douce.

Les deux extrémités du noyau sont équipées de matériaux non ferreux doigts, qui sont serrés avec une pression suffisante pour serrer le noyau à l'aide de plaques de serrage. Le dos du

noyau est suffisamment épais pour permettre le passage du flux magnétique nécessaire. Par conséquent, la perte de noyau est minimale, la résistance totale est adéquate et les vibrations sont efficacement supprimées [17].

II.1.12.1.2 Rotor

Étant donné que le rotor tourne à grande vitesse, une attention particulière est accordée au choix des matériaux, à la conception et à la fabrication.

Le noyau du rotor et l'arbre sont usinés à partir d'un alliage d'acier forgé plein, qui présente d'excellentes propriétés magnétiques et métallurgiques. Le matériau de l'arbre est soigneusement contrôlé par détection supersonique des fissures et un échantillon est prélevé pour confirmer la résistance mécanique et les caractéristiques électromagnétiques. Les enroulements de rotor sont composés de bobines en spirale en alliage d'argent-cuivre. Les bobines formées sont montées dans les fentes du noyau du rotor, puis cuites. Ainsi, les fentes principales sont isolées à l'avance contre les sols par l'utilisation de couches en forme de L en toile de verre imprégnée de résine époxy.

Afin d'éviter toute déformation radiale vers l'extérieur due à une force centrifuge élevée pendant le tour du rotor, les deux extrémités de l'enroulement faisant saillie des fentes du noyau sont maintenues en place par des bagues de retenue non magnétiques. Le cylindre d'isolation est inséré entre ces bagues et les enroulements. Les bobines sont fixées avec ce cylindre pour la protection contre les déformations dues à la force centrifuge et aux changements de température. Le cylindre d'isolation est pourvu de conduits de ventilation pour le passage d'air de refroidissement suffisant aux extrémités du bobinage [17].

II.1.12.1.3 Circuit d'air de refroidissement

Le générateur produit pendant le fonctionnement une quantité de chaleur considérable qui est évacuée par la ventilation du générateur. Comme illustré dans Figure II-16 le rotor du générateur est équipé d'aubes de ventilateur pour produire un flux d'air de refroidissement à l'intérieur du générateur. L'air de refroidissement est guidé pour assurer une répartition efficace de l'air dans les enroulements d'extrémité du rotor et du stator et dans l'entrefer. Il passe ensuite dans les conduits d'air de ventilation prévus radialement sur le noyau du stator, lequel est divisé en plusieurs blocs. Une partie de l'air de refroidissement est extraite pour le refroidissement de l'équipement d'excitation via les conduits d'air raccordés à l'extrémité non motrice du générateur. L'air chauffé est ensuite évacué par l'ouverture située au centre, en haut du cadre du stator [17].

Pour les alternateurs de grandes puissances on trouve plusieurs systèmes de refroidissement par exemple au niveau de HMO les TG de GE MS9001 (123 MWx4)

Le refroidissement se fait un échangeur eau/ air avec une circulation forcée de l'eau dans un circuit fermé. On a aussi au niveau de la centrale Cycle Combiné de Hadjret en Nous

Le mode principale de réfrigération est le gaz hydrogène contenu dans la carcasse de l'alternateur et en circulation grâce à des ventilateurs fixés à l'axe en rotation.

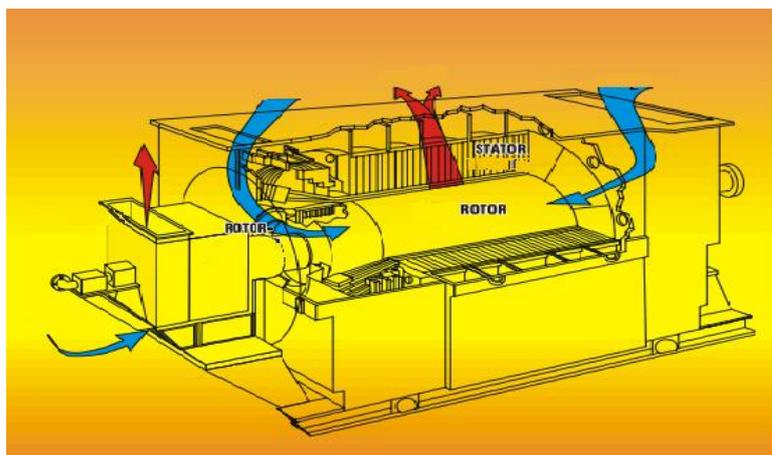


Figure 0-16: Circuit d'air dans l'alternateur [17]

II.1.12.1.4 Système de chauffage

Les éléments de chauffage électrique sont montés dans une partie de la carcasse statorique des alternateurs à l'abri des aspersion d'huile éventuelles.

Ces éléments sont dimensionnés de façon à éviter, pendant les périodes d'arrêt du groupe et de forte humidité relative de l'air, la condensation de l'air à l'intérieur des alternateurs. Ces éléments sont en service dès l'ouverture du disjoncteur d'excitation. Une lampe de signalisation indiquera la mise en service du système de chauffage au nouveau des MCC [13].

II.1.12.2 Distribution d'énergie

Comme toutes les stations. les dispositifs et composants qui connectent les générateurs de puissance au point de distribution de l'alimentation et aux circuits de mesure, de protection et de contrôle, constitue le système de distribution d'énergie.

Les principaux composants du système de distribution d'énergie comprennent les transformateurs de puissance, Transformateurs des auxiliaires, les transformateurs de potentiel, les transformateurs de courant et les disjoncteurs.

II.1.12.2.1 Les transformateurs

Tous les transformateurs augmentent ou abaissent les tensions proportionnellement au rapport des spires sur leurs enroulements primaire et secondaire, mais diffère dans la conception selon les exigences de l'application.

II.1.12.2.1.1 Le transformateur de puissance

Les transformateurs de puissance sont conçus pour transférer de l'énergie d'un niveau de tension à un autre. Les transformateurs de puissance efficaces nécessitent des câbles de grande taille et des noyaux ferreux massifs. Les générateurs de BRUSH BDAX62-170ER utilisé dans le projet TG Mobile de Ouargla fournissent une tension de 11.5 kV dans les systèmes à 50 Hz ou de 13,8 kV dans les systèmes à 60 Hz. Pour cela utilise deux types de transformateurs de puissance [20].

II.1.12.2.1.1.1 Transformateur de puissance 11.5 kV -63kV

Ce type est utilisé pour transformer la tension de jeu de bar au générateur 11.5 kV et vice versa.

Donnés :

Tableau 0-5: Donnés de Transformateur de puissance 11.5 kV -63kV [13]

Type de refroidissement	ONAN/ONAF /ODAF
Tension de sortie au secondaire (côté réseau)	triphasé à deux enroulements secondaires 11.5/31. 5/63 KV
Puissance nominale	25 MVA à la température de 20°C
Echauffement suivant CEI avec une température ambiante de 50°C plus l'ensoleillement	CEI LT/LO 55/50
Refroidissement	par circulation naturelle d'huile ; forcée pour l'air (ONAF)
Tension de court-circuit	11.4 KV
Courant de court-circuit	2.22 KA
Tensions à vide	Enroulement HT : 31.5 KV ou 63 kV Enroulement BT : 11.5 K
Réglage hors tension Type	+/- 2,5%, +/- 5% (par commutateur manœuvrable du sol côté HT) Ynd11

Bornes de type allongé pour éventuel enfilement de TC "Bushing". Ces bornes seront raccordées directement sur le disjoncteur HT, un sectionneur à coupure visible sera prévu après le disjoncteur avec sortie vers le haut permettant un raccordement sur travée simple par bretelles ou câbles haute tension.	
Toutes les protections du transformateur seront regroupées dans un coffret unique sur la remorque poste d'où le signal sera sorti pour le disjoncteur groupe ;	
Régime du neutre	mis à la terre résistance 100 A - 3 sec. avec commutateur 30/60 KV



Figure 0-17: sous-station 11.5 kV -63 kV

II.1.12.2.1.1.2 Transformateur auxiliaire TA 11.5 kV – 400 v

Ce type est utilisé pour transformer la tension de et vers le jeu de bar du générateur 11.5 kV, à un niveau inférieur pour le centre de commande du moteur (MCC). Le MCC distribue une tension inférieure à les auxiliaire : moteurs de ventilation, pompes, appareils de climatisation et autres équipements internes de la sous-station.

Données :

Tableau 0-6 : Donnés de Transformateur de puissance 11.5 kV -400 v [13]

Type	IP 20 triphasé Puissance nominale à 50°C 250 KVA
Rapport à vide	11, 5/0, 4 KV
Réglage	+/- 2, 5%, +/-5%
Neutre mis à la terre pour le TA	

II.1.12.2.2 Disjoncteurs

II.1.12.2.2.1 Disjoncteur 52G (disjoncteur groupe)

Le disjoncteur 52G de POWELL est un disjoncteur de type (Vaccum circuit breaker) air comprimé.

Ces disjoncteurs sont connectés entre un générateur de centrale électrique et le transformateur qui élève la tension avant transport de l'énergie électrique par le réseau.

Les disjoncteurs de générateurs sont généralement utilisés à la sortie des générateurs de forte puissance pour les protéger de manière sûre, rapide et économique.

La tension maximum de service est de 15kV, avec un courant nominal de 2000 A, il peut supporter jusqu'à 50 kA en court-circuit et cela pendant 3 seconds, la commande de ce disjoncteur est de 125v/ 3.2 A pour l'ouverture.

Les groupes sont équipés de leur disjoncteur "groupe" déblocable, pouvant assurer de façon sûre la coupure visible entre le transformateur et l'alternateur...

Le côté du circuit de courant principal du disjoncteur est considéré à l'arrière du disjoncteur, alors que le côté avec le couvercle contenant les divers indicateurs et opérateurs manuels est considéré à l'avant du disjoncteur. En retirant le capot avant, les mécanismes de fonctionnement du disjoncteur sont exposés. L'ensemble mécanisme à énergie stockée fournit un mouvement à chacun des ensembles de contacts Mobiles à interrupteur à vide par l'intermédiaire de tiges de commande [14].



Figure 0-18: Côté avant de disjoncteur 52G

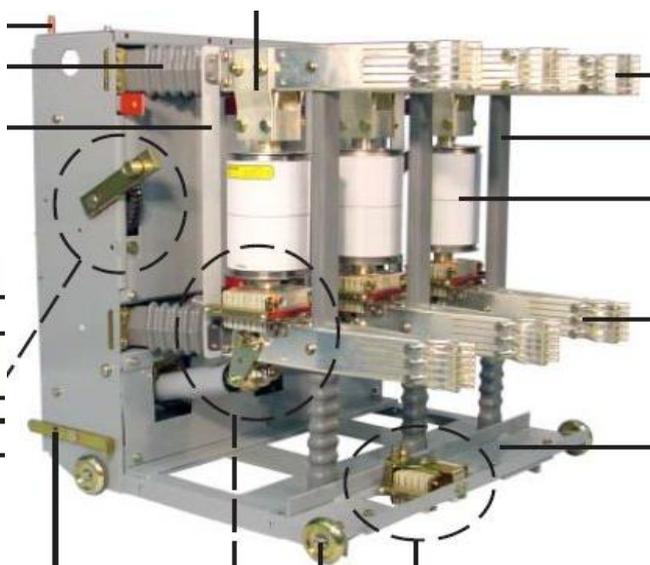


Figure 0-19: Côté arrière de disjoncteur 52G



Figure 0-20: Mécanisme de fonctionnement [28]

- a. Relais anti-pompe ;
- b. Ressort d'ouverture ;
- c. Amortisseur ;
- d. Bobine shunt primaire de déclenchement ;
- e. Interrupteur auxiliaire ;
- f. Ressort de fermeture principale ;
- g. Bielle ;
- h. Moteur de charge.

II.1.12.2.2 Disjoncteur 52L (Disjoncteur Ligne)

Le disjoncteur du PASS est un disjoncteur isolé dans le gaz SF₆, dont le fonctionnement se base sur le principe de « self-blast » (ou auto-expansion).

L'énergie pour la coupure du courant est partiellement fournie par l'arc lui-même ; on arrive ainsi à réduire l'énergie nécessaire pour le fonctionnement du mécanisme d'environ 50% par rapport à un disjoncteur conventionnel du type « puffer ». En particulier l'énergie requise pour la fermeture est emmagasinée dans le ressort de la commande BLK222. Les ressorts d'ouverture sont situés à l'intérieur de chaque pôle ; ils sont toujours prêts à fournir l'énergie nécessaire pour l'ouverture du disjoncteur [8].

II.1.13 Données techniques de disjoncteur 52L

Tableau II-7 : Données techniques Disjoncteur 52L

Disjoncteur simple, du type LTB-D	
➤ Pouvoir de coupure nominal de court circuit.	➤ 40kA / 50 Hz - 40kA / 60 Hz
➤ Pouvoir de fermeture nominal (fermeture et ouverture).	➤ 100 - 104 kA
➤ Coupure de courant inductif.	➤ 63A
➤ Coupure de courant capacitif.	➤ 160A
➤ Commande.	➤ Tripolaire à ressort / unipolaire
➤ Type.	➤ BLK 222 / BLK 82
➤ Séquence de fonctionnement nominale	➤ O-0. 3 s-CO-1min-CO
➤ Temps d'ouverture.	➤ =<25 ms
➤ Temps de coupure (50 Hz)	➤ =<47 ms
➤ Temps de coupure (60 Hz)	➤ =<44 ms



Figure 0-21: Disjoncteur 52L [25]

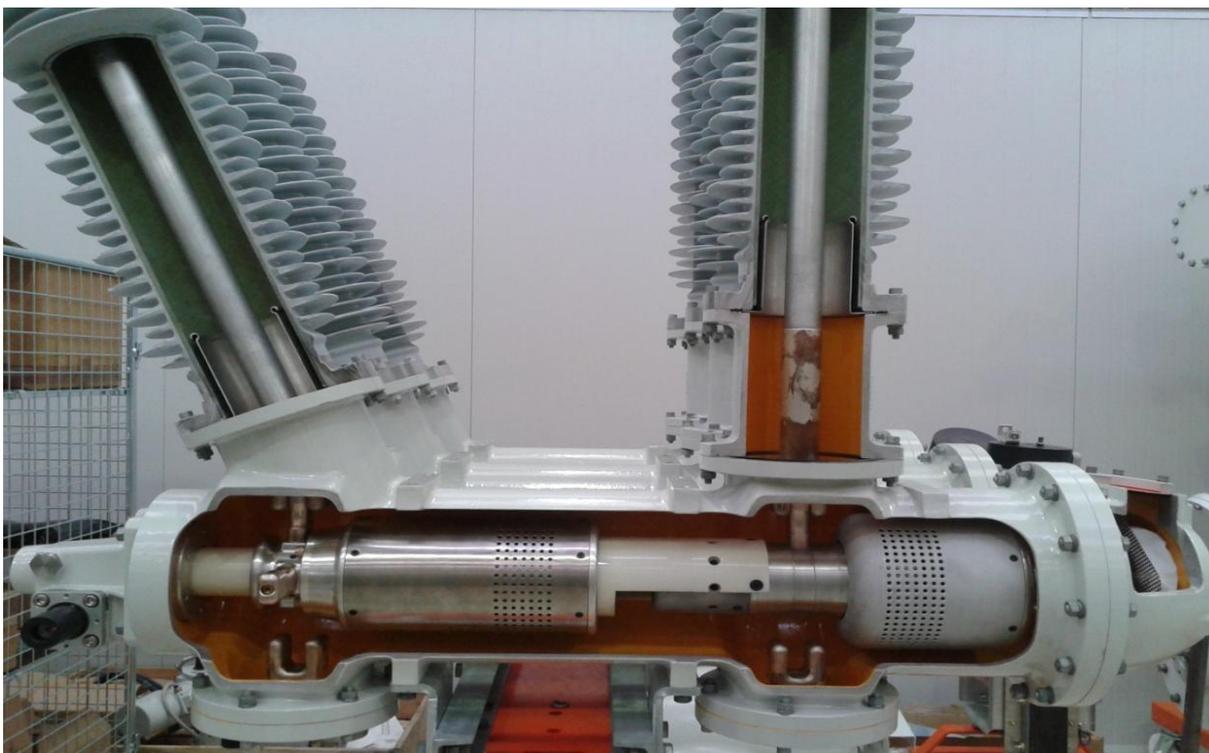


Figure II-8:Chambre de Disjoncteur 52L [25]

II.1.13.1 Les auxiliaires

La plupart d'entre eux sont des moteurs pour différents systèmes de groupe.

II.1.13.1.1 Système de lancement « hydraulique Start » (Moteur de lancement)

Le moteur fonctionne à basse tension, de type asynchrone à cage, largement dimensionné et offrant une grande sécurité de fonctionnement.

Le système de démarrage est du type électro-hydraulique



Figure II-23: moteur de lancement

II.1.13.2 Données techniques

Tableau 0-8: Donnés de moteur de lancement [23]

Tension de service	380 V
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Type ➤ Démarrage ➤ Nombre de démarrages successifs ➤ Isolation Vibrations 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Synchrone à cage ➤ Par un variateur de vitesse ➤ Au Maximum 4 ➤ Classe F au minimum inférieures aux limites "bon" de la norme VDE 2056.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Degré de protection 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ IP 65 selon CEI
Protection contre les condensations par résistance de chauffage mises en service lors des arrêts. Puissance : une puissance maximale de 115 KW.	

La turbine à gaz du type décrit comporte un dispositif de démarrage à moteur de lancement.

Au démarrage, le moteur de lancement transmet son couple à la ligne d'arbre turbine. Le réducteur des auxiliaires qui, comme son nom l'indique, entraîne un certain nombre d'auxiliaires (pompes par exemple). La turbine à gaz doit donc être entraînée par un dispositif de lancement [13]. Celui-ci décolle l'arbre et entraîne la turbine jusqu'à la vitesse d'allumage, puis continue à entraîner le rotor de la turbine jusqu'à la vitesse de l'auto sustentation de celle-ci. La vitesse de l'auto sustentation est celle à laquelle la turbine délivre une puissance dépassant celle du moteur d'entraînement. Dès lors, celui-ci reçoit un ordre d'arrêt. La vitesse de la turbine continue à augmenter jusqu'à ce qu'elle atteigne sa valeur nominale.

II.1.13.2.1 Système de lubrification

Il est possible de tester le système de lubrification depuis l'interface en demandant un test du système de lubrification de la turbine à gaz, et la même chose peut se faire avec le système de lubrification du générateur. Cette opération fait démarrer toutes les pompes d'huile lubrifiante de la turbine à gaz qui entraînent par des moteurs à 400v CA et en 125v CC [23].

II.1.13.2.2 Autres système

Plus des systèmes mentionnés précédemment, Il y a d'autres systèmes comme le système de lavage compresseur, système de combustible liquide ... etc.

Ces systèmes ont tous un MCC Centre de Contrôle de Moteur.

II.1.13.2.3 Centre de contrôle moteur (MCC)

Tous les composants actifs du centre de commande de moteur (MCC) sont situés dans la salle de commande. Ces composants sont situés dans onze armoires jointes numérotées de MCC-1 à MCC-11.

L'unité MCC-1 est l'armoire à bornes CTB.

L'unité MCC-2 contient le panneau de distribution CA ACD1 et 24 volts CC panneau de distribution DCD2.

L'unité MCC-3 contient la pompe à huile de lubrification du générateur (CC), le

Les pompes à huile de lubrification "A" et "B", ainsi que le transformateur de distribution 30KVA.

L'unité MCC-4 contient DC panneau de distribution DCD1. Cette unité contient également des relais de contrôle 125VDC pour le générateur de secours relais d'éclairage, relais d'éclairage de secours GT et relais pour le contrôle des pompes à huile de lubrification de secours pour le GT et le générateur, respectivement.

L'unité MCC-5 contient le commutateur de transfert manuel 600A.

L'unité MCC-6 contient le panneau de distribution AC AC2. Cette unité contient également des relais de contrôle de puissance HVAC1 et HVAC2 pour les unités de chauffage et de climatisation des unités du centre de contrôle.

MCC-7 à MCC-11 contient l'ensemble du moteur à courant alternatif, des ventilateurs et des chauffages.

II.1.13.3 Source auxiliaire courant alternative 400/220

Cette source auxiliaire sera alimentée par dérivation du circuit principal à l'amont du disjoncteur groupe, par l'intermédiaire du transformateur auxiliaire TA, par le groupe électrogène ou par une source externe. Pour les besoins d'exploitation la possibilité d'une alimentation à l'aval du disjoncteur groupe sera prévue. A cet effet l'équipement de raccordement sera monté avec une protection à fusibles [13].

II.1.13.3.1 Diesel de secours et de Black Start

Tableau II-9: Donnés groupes diesel de secours [13]

➤ Puissance S, cos phi	➤ 455 KVA à cos 0 = 0, 8
➤ Tension	➤ 400 V, 50 Hz
➤ Capacité réservoir	➤ 1770 litres
➤ Fournisseur	➤ SDMO

II.1.13.4 Description :

Le groupe électrogène est fourni pour chaque unité. La conception du groupe répond notamment à la norme CEI 34. Outre le groupe lui-même la fourniture comprend toute l'instrumentation de contrôle et de commande nécessaire pour une marche automatique. Il est également possible de démarrer le groupe manuellement indépendamment de la marche de la turbine à gaz.

II.1.13.4.1 Système à courant alternatif pour circuits d'alimentation des auxiliaires.

Tableau 0-10 donnés de système à courant alternatif pour circuits d'alimentation des auxiliaires

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Types du système ➤ Tension nominale ➤ Limites de la tension nominale dans lesquelles les appareils doivent fonctionner correctement. ➤ Fréquence nominale ➤ Limites de fréquence ➤ Système de mise à la terre 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Triphasé, neutre isolé pour les Auxiliaires ➤ 400 V et 400 / 220 V ➤ + 10% - 15% ➤ 50 HZ ➤ 46 Hz à 53 Hz ➤ Direct
--	--

II.1.13.5 Source de courant continu

II.1.13.5.1 Alimentation sans interruptions (ASI)

La cabine du groupe comportera l'ensemble de l'équipement nécessaire à la génération de courant continu en présence et en absence de tension alternative fourni par le constructeur **HindlePower**. Cette source sûre assurera le fonctionnement des appareils de contrôle et de commande.

Le redresseur d'alimentation permettra la marche en **floating**, la charge normale et la charge rapide en délivrant des tensions et des courants parfaitement réglés.

La batterie est de type **Plomb-Acide** clapet réglementé.

La capacité des batteries a une autonomie d'environ (03) trois heures de fonctionnement à l'installation de contrôle commande (24 Volts) et d'une durée suffisante pour permettre le refroidissement du turbo-alternateur sans virage pour la batterie 125 VCC.

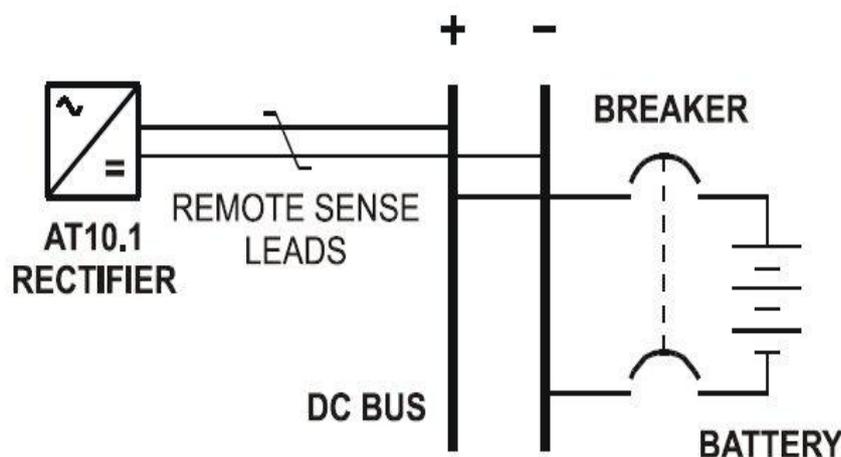


Figure 0-24: Alimentations Sans Interruption (ASI)

Alimentations Sans Interruption (ASI) sont des interfaces entre le réseau électrique et les charges alternatives sensibles. Ces (ASI) ont été le résultat de l'arrivée d'une technologie, les semi conducteurs de puissance, et du besoin d'avoir des alimentations électriques de qualité pour alimenter les grands centre informatiques de gestion.

L'ASI statique pour charge alternative, communément appelées **onduleurs**. Ce terme peut recouvrir plusieurs réalité selon ; l'ensemble de l'interface entre le réseau et la charge ; le convertisseur statique qui élabore du courant alternatif à partir d'une source continue.

Pour assurer la continuité de service, les ASI mettent en œuvre des accumulateurs chimiques d'énergie. [12]

Le terme « **Floating** » est un terme anglais utilisé fréquemment, mais en français on dit « charge d'entretien » [26].

II.1.13.5.2 Système à courant continu pour les auxiliaires :

Tableau II-11: données de système à courant continu pour circuits d'alimentation des auxiliaires

Désignations	125 VCC et 24 VCC
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Types du système ➤ Tension nominale ➤ Limites de la tension nominale dans lesquelles les appareils doivent fonctionner correctement. ➤ Circuit moteurs ➤ Circuit de déclenchement ➤ Circuit de commande électronique ➤ Circuit de commande par relais ➤ Circuit d'alarme ➤ Circuit de régulation 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Conducteurs ➤ 125 VCC et 24 VCC ➤ (105-104 VCC) et (21-27 VCC) ➤ +10% -15% ➤ +10% -44% ➤ +10% -10% ➤ + - 10% ➤ + - 10% ➤ + - 10%

Conclusion :

Dans cette partie nous avons vu les différentes parties mécanique qui constituent la turbine à gaz et la partie électriques on a vu le principe de l'alternateur ainsi l'excitation de ce dernier et les différents transformateurs, on trouve aussi différents niveaux de tension 60 kV, 11.5kV ; 400V, 220V , 125VDC, 25VDC, et chaque niveau de tension alimente un ou plusieurs circuits (commande ou puissance), il faut prendre en considération que quelque soit l'état de la TG (en service ou à l'arrêt), les niveaux de tension des différents circuits doit être acceptable.

CHAPITRE III

Le Fonctionnement de la Centrale TG

Mobile de Ouargla

Introduction :

Dans ce chapitre nous allons voir les étapes nécessaires avant le démarrage d'un groupe turbo-alternateur, puis on va voir le fonctionnement de ce dernier et quelles sont les points essentiels à contrôler pendant le service. Il est très important de connaître le comportement du groupe turbo-alternateur avec le type de réseau.

Influence des facteurs extérieurs sur les performances de la TG

Les conditions standard employées dans l'industrie des turbines à gaz (ISO 2314) sont : $T_{amb}=15\text{ °C}$, $P_{atm}=1.01325\text{ bar}$ et l'humidité relative de 60 %, qui sont établies par l'organisme international de normalisation (ISO). Ces facteurs sont :

- La température ;
- La pression ;
- L'humidité ;
- Les poussières.

1. La température ambiante

A mesure que la température d'admission du compresseur augmente, le débit massique d'air diminue (en raison d'une diminution de masse spécifique), par conséquent, le rendement de la turbine et la puissance utile diminuent.

2. La pression ambiante

Si la pression atmosphérique diminue par rapport à la pression de référence, le débit massique de l'air diminue (en raison d'une diminution de sa masse spécifique) il en est de même la puissance utile.

3. L'humidité relative

L'air humide est moins dense que l'air sec, donc si l'humidité relative augmente, la puissance débitée diminue et la consommation spécifique augmente.

4. Les poussières

Lorsque la concentration en poussière dans l'atmosphère augmente à cause du vent de sable la quantité d'air admise dans le compresseur diminue ce qui fait diminuer la puissance de notre turbine.

Démarrage turbo-alternateur

III.1.1 Vérification avant le démarrage

Avant tout démarrage il faudra vérifier :

- L'MCC.
- Le panneau anti incendie.
- La vanne de gaz.
- Les alarmes sur la HMI.

III.1.1.1 MCC:

Avant le démarrage de l'unité il faut s'assurer que tous les moteurs sont disposés et en mode « AUTOMATIQUE »

III.1.1.2 Le panneau anti incendie

Il faut acquitter tous les alarmes sur le panneau anti incendie avant le démarrage. Le solénoïde de la décharge du maintien de CO₂ doit être activé et les vannes d'isolement de CO₂ sont fermées.

III.1.1.3 La vanne de gaz

Il très important de vérifier la vanne manuelle de gaz avant le démarrage de la turbine, aussi la température qui doit être supérieur à 24°C (TE-1101), sinon il faudra vérifier le système de réchauffage du gaz s'assuré qu'il est bien alimenté, que les alarmes sont acquitté et que tout est bien disposé.

III.1.2 Permissifs de démarrage

Le permissifs de démarrage sert à vérifier s'il n'y a aucun ordre de déclenchement des protections turbine ou défauts de signal de certains capteurs (relais), Ainsi la turbine ne peut-être mise en service que, si toutes les conditions de sécurité sont correctes [27].

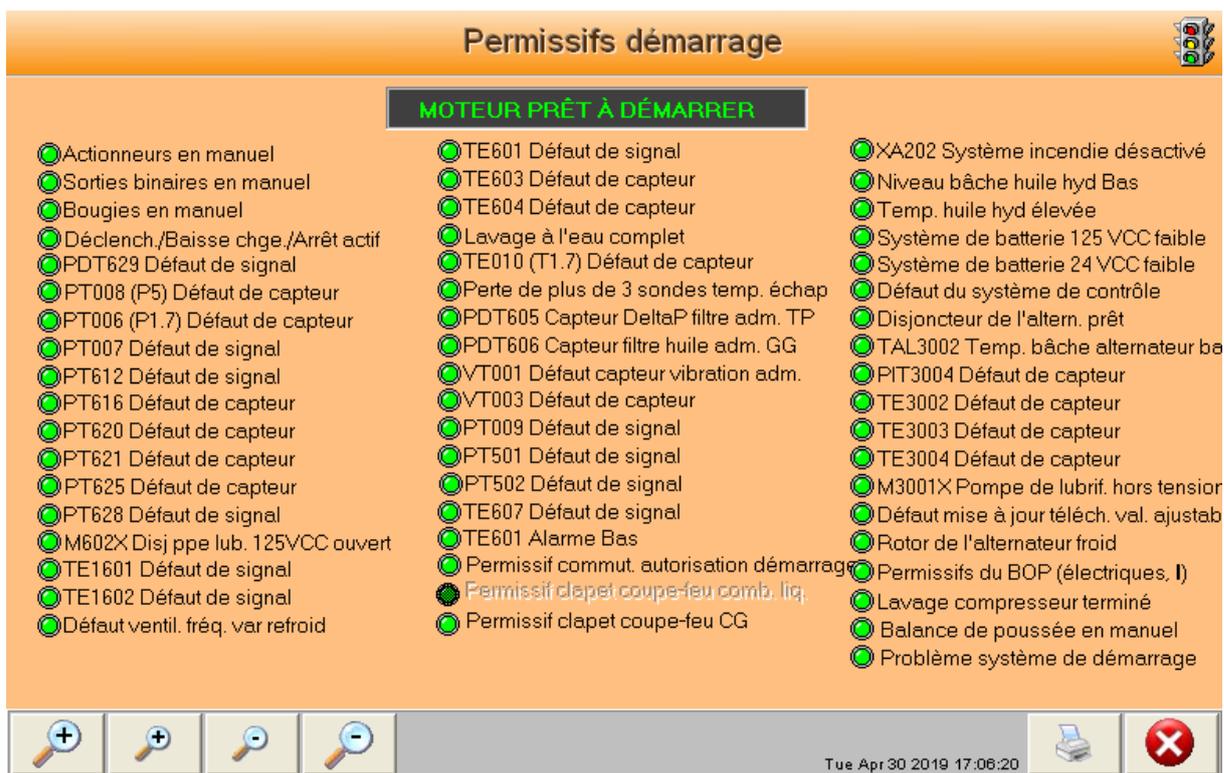


Figure III-1 : Permissifs de démarrage

III.1.3 Fonctionnement du système de démarrage hydraulique

Une fois que le système de contrôle a vérifié que tous les pré-démarrages autorisés sont satisfaisants et que l'opérateur a sélectionné le bouton « START », les pompes (AC et DC) de système de lubrification de GG et la pompe à vide (VAC PMP) démarrent en premier lieu puis la pompe de lubrification DC de générateur démarre, et le moteur démarrage hydraulique du est alimenté.

Une fois que la pression suffisante de la pompe a été vérifiée, le clapet de la pompe hydraulique actionné par solénoïde est pratiquement ouvert.

Lors du démarrage de la turbine, le fluide hydraulique est aspiré du réservoir par la pompe principale/ l'association de chargement. La pompe de chargement réapprovisionne la pompe principale et le système de démarrage en circuit fermé avec le fluide hydraulique. La pompe principale augmente la pression du fluide hydraulique à 5200 psi (35853 kPa) et transfère le fluide pressurisé au moteur du démarrage hydraulique (positionné sur la turbine) à environ 56 gpm (212 L/min). La décharge du moteur du démarrage hydraulique est acheminée vers le réservoir hydraulique par un filtre et des refroidisseurs d'eau.

Une fois que la turbine s'accélère en mode de fonctionnement auto-entretenu, un arrêt du démarrage hydraulique est commencé. Après avoir reçu un signal d'arrêt du système de

démarrage hydraulique, le clapet de la pompe hydraulique actionné par solénoïde est pratiquement fermé. Après un bref délai, le moteur de démarrage hydraulique est hors tension et le débit du fluide hydraulique est arrêté.

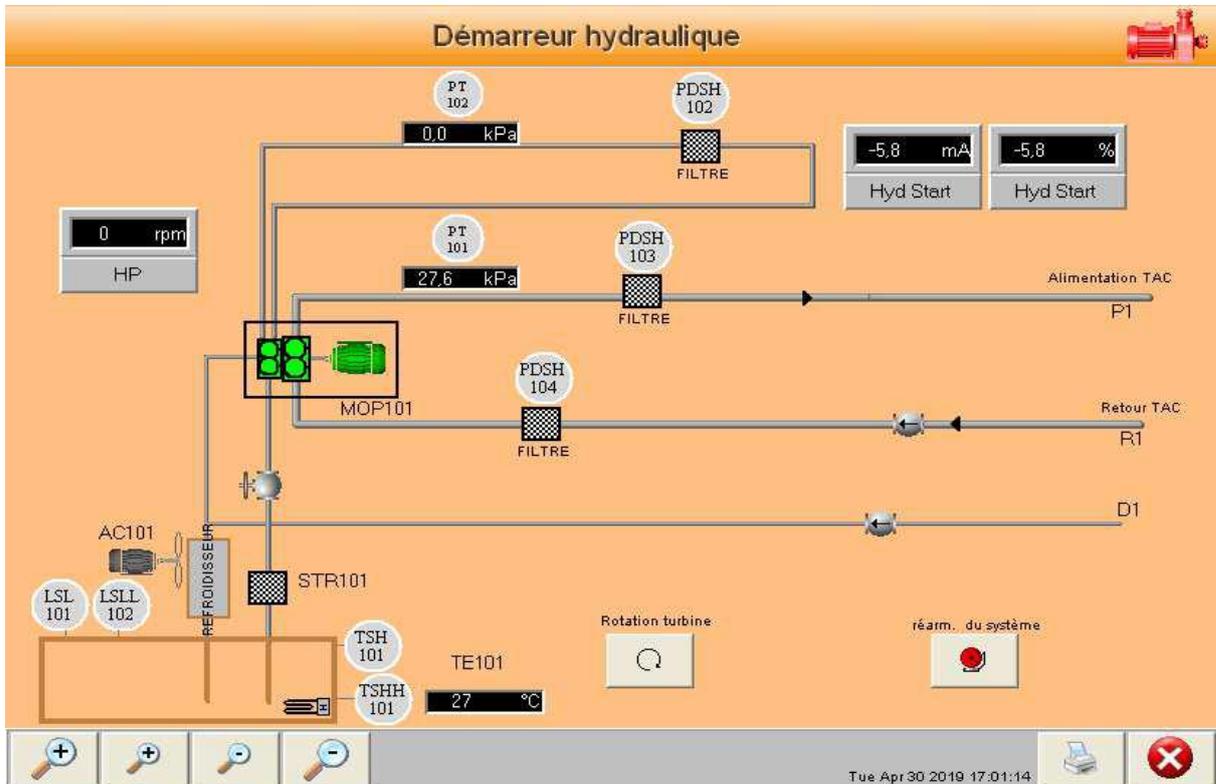


Figure III-2: démarreur hydraulique

III.1.4 Séquence de démarrage

Les étapes indiquées dans cette séquence sont des étapes de base dans la phase de démarrage en général.

On a des étapes ont une relation directe avec le temps et d'autres étapes ont une relation directe avec les vitesses NH, NL, et NP

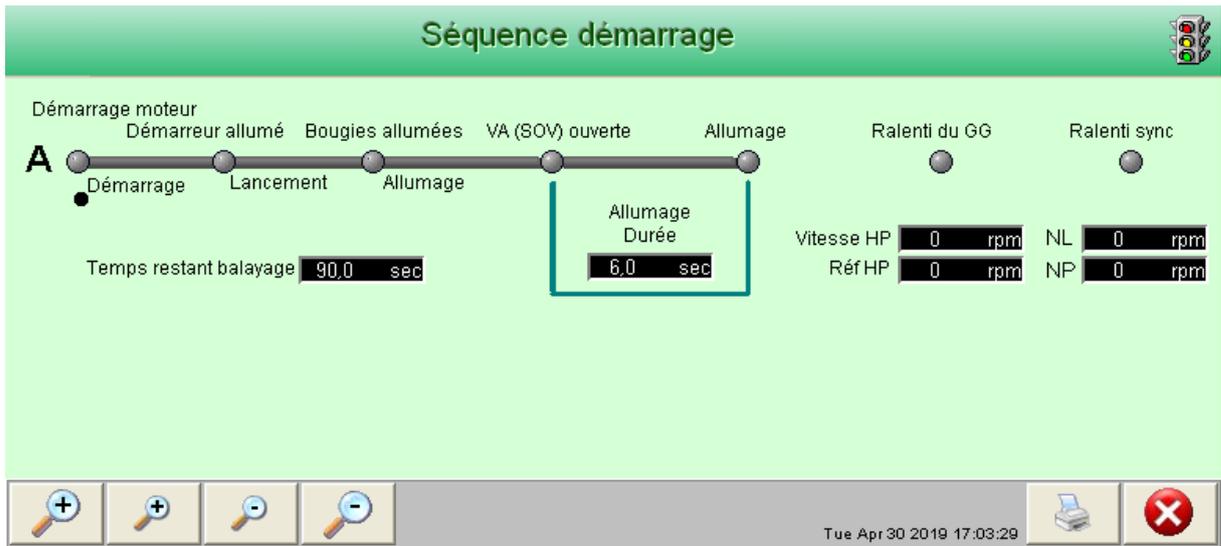


Figure III-3: Séquence de démarrage

L'organigramme suivant nous donne une idée sur le processus de démarrage de la TG Mobile.

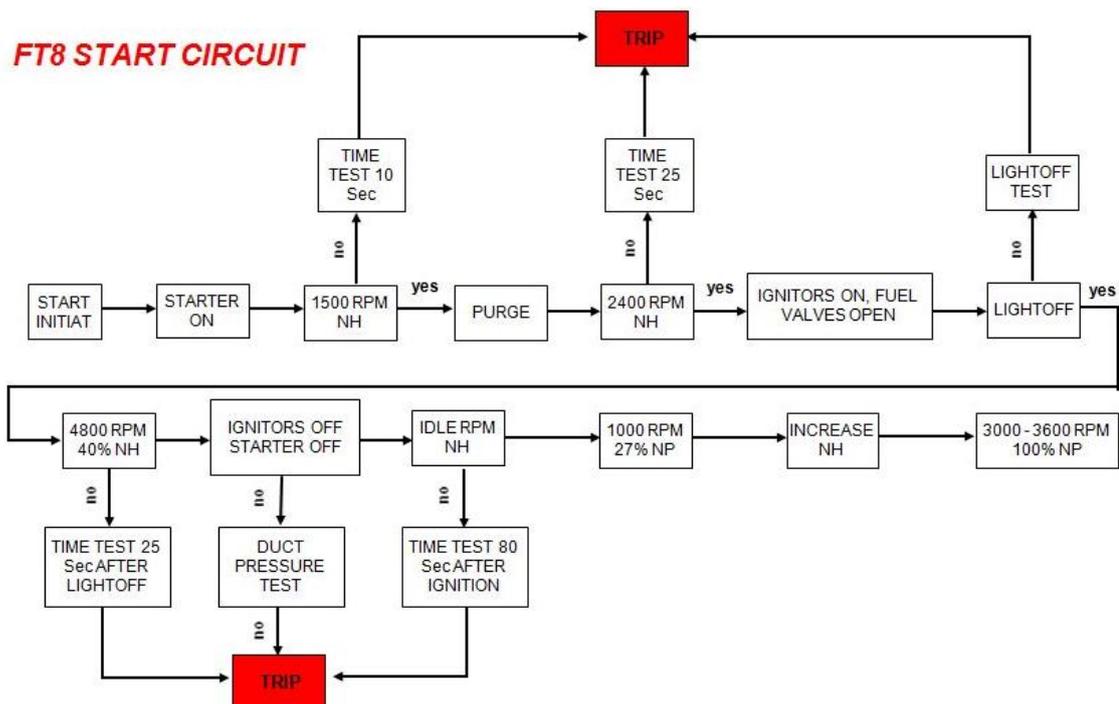


Figure III-4: Organigramme de démarrage de la TG Mobile

III.1.5 Séquence d'arrêt

Dés qu'on donne l'ordre d'arrêt, le groupe TG prend sa charge sous le contrôle de la boucle NH jusqu'à environ 1.5 MW, puis une commande automatique de perte de charge VAR est émise au régulateur de tension automatique et les Vars sont réduits à zéro, a 1.5 MW le disjoncteur principal 52G s'ouvre.

Les TG réduisent leur vitesse à un NH min et refroidissent pendant 5 min après quoi les vannes de combustible se ferment.

Les systèmes d’huile de lubrification de la TG et du générateur continuent de fonctionner pour permettre au rotor du générateur d’arrêter de tourner et pour permettre la lubrification et le refroidissement de la TP (turbine de puissance). A l’issue de la période refroidissement GG, tous les systèmes s’arrêtent et l’unité se trouve en attente, prête pour le démarrage suivante.

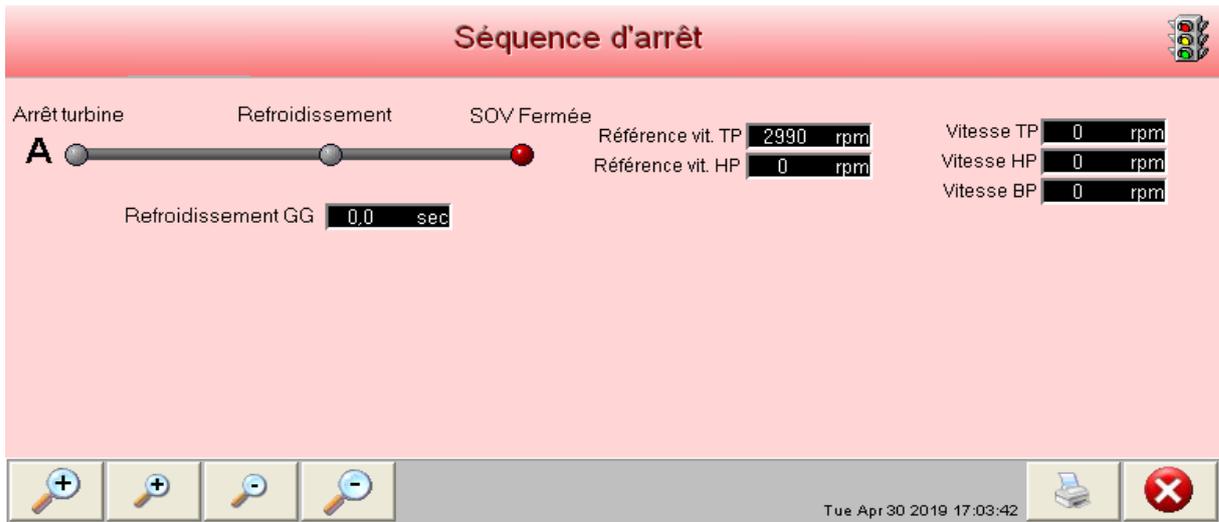


Figure III-5: Séquence d’arrêt.

III.1.6 Boucle de régulation de la turbine



Figure III-6: boucles de régulation turbine

Les boucles de régulation de la turbine ont la possibilité de prendre le contrôle de la vanne de régulation du gaz dans des situations bien déterminées, avec l'impossibilité de fonctionnement de deux boucles ou plus en même temps.

➤ **Boucle HP/MIN HP et boucle BP**

Ces boucles sont utilisées pour la fonctionne de lavage et le virage ou les vitesses des compresseurs sont limitées.

➤ **Boucle TP**

Le programme de contrôle de l'automate surveille en permanence la vitesse de la turbine de puissance et le débit de carburant ajusté pour maintenir la vitesse de l'unité à 3000 tr/min.

➤ **Boucle de Température d'échappement**

La température de fonctionnement de la turbine est surveillée et utilisée pour contrôler la température de cuisson de la turbine à gaz. Ceci permet de s'assurer que les limites de température des pièces à gaz chaud ne sont pas dépassées.

➤ **Boucle d'ACCELERATION / DECELERATION**

Lors du démarrage et de l'arrêt, il est souhaitable de limiter l'accélération de l'arbre afin de minimiser les contraintes mécaniques sur la machine.

Configuration du système

III.1.7 Fonctionnement normal des systèmes

III.1.7.1 Démarrage automatique pour la production de puissance:

- 1) Après avoir cliqué Sur **START**, la pompe de lubrification du générateur va se mettre en route ainsi que les ventilateurs de refroidissement de l'enceinte de la turbine (durée:1 minutes avant le lancement de l'hydraulic starter).
- 2) Lancement de démarreur hydraulique : montée en vitesse du compresseur de la turbine (jusqu'à la vitesse de balayage environ 2480 tours/min), stabilisation pendant 1min 30.
- 3) stabilisation de la vitesse pour l'allumage (environ 2700 tours/min), paramètres à surveiller : SOV 1103 gaz fuel metring valve (7% d'ouverture) et PT 1101 pression dans le manifold (250 PSI (**17 bars**) @ 600 s Trip). température d'échappement: maximum 787 °C.
- 4) Ouverture progressive de la vanne de gaz FY 1101, montée en vitesse du compresseur « phase d'accélération », désactivation de l'hydraulic starter à 4800 tours/min, début de la rotation de la turbine de puissance (générateur) à environ 6500 tours/min, dans

cette phase nous avons une désactivation du système de vibration car le GG soumis à des vibration du à l'accélération. . Une fois la vitesse atteinte 2850 tours/min le système de vibration « BENTLY Nevada » s'active.

- 5) Dès qu'on atteint la vitesse du générateur à 2910 tours/min, l'alternateur commence de s'exciter.
- 6) Dès qu'on atteint la vitesse nominale du générateur, la pompe électrique de lubrification va s'arrêter, et la pompe mécanique attelée va prendre le relai. Stabilisation de la vitesse du compresseur à 9000 tours/min et celle du générateur à 3000 tours/min, puis l'obtention du permissif de synchronisation.

NB : pour comprendre mieux les étapes de démarrages et de l'arrêt du groupe turbo-alternateur veuillez voir l'ANNEXE 3 et ANNEXE 4.

III.1.7.2 Synchronisation

Pour une synchronisation automatique, il suffit de cliquer sur l'icône automatique sur l'HMI, cette procédure contient l'augmentation de la vitesse (fréquence), l'augmentation de la tension borne alternateur (Excitation) et la fermeture de disjoncteur groupe 52G automatiquement.

Pour une synchronisation manuelle, choisir le mode de couplage manuelle, puis on alimente le synchroscope par la manette (69SS). Si on a la même fréquence et tension que le réseau. Pour ajuster la tension du générateur, utiliser la manette (90VC) de volts/vars. Pour la fréquence, utiliser la manette (18-1) de speed/load.

Lorsque les deux voltmètres sur le synchro affichent des valeurs similaires, et que l'aiguille qui doit tourner en sens horaire de synchro est au milieu, les lampes du synchro doivent être éteintes, c'est à ce moment qu'il faudra manœuvrer la manette 52CS-G pour fermer le disjoncteur 52G.

III.1.7.3 Conditions de couplage d'un groupe Mobile Pac FT8-3 [6]:

Les limites admissibles des écarts de tension, de fréquence, de synchronisme sont :

- tensions : $\pm 5\%$,
- fréquences : 0,1 à 0,5 Hz, et avant le couplage on choisit $f_{alt.} > f_{réseau}$,
- synchronisme ou phase : $5^\circ \text{ max} \Rightarrow \Delta U = 40 \text{ V}$.

En dehors de ces limites, trois fautes peuvent être commises lors du couplage d'un alternateur sur des barres.



Figure 0-7: tableau operateur (B)



Figure III-8: tableau de l'operateur (A)

III.1.7.4 Auto stop (arrêt automatique) :

La machine MOBILE PAC peut être arrêtée à n'importe quel moment après le lancement, bouton poussoir ARRET via le HMI.

La machine réduit leur vitesse à un NH min et refroidissent pendant 5 minutes après quoi les vannes de combustible se ferment.

Les systèmes d'huile de lubrification de la TG et du générateur continuent de fonctionner pour permettre au rotor du générateur d'arrêter de tourner et pour permettre la lubrification et le refroidissement de la turbine de puissance. A l'issue de la période RALENTISSEMENT DU GENERATEUR, tous les systèmes s'arrêtent et l'unité se trouve en attente, prête pour le démarrage suivant.

III.1.7.5 Capacité limite du générateur

Une fois que le groupe turbo-alternateur est couplé au réseau, il faut contrôler les puissances produites car l'alternateur a des limites qui doivent être respectées selon la courbe PQ. Le diagramme de capacité décrit un diagramme de capacité ou un diagramme de fonctionnement type du générateur qui indique les conditions de fonctionnement d'un générateur en fonction des diverses contraintes [29].

La section **A** de la courbe indique la limite de réactif nécessaire pour éviter la surchauffe des enroulements d'excitation.

La section **B** montre la limite placée par le courant nominal du stator.

La section **C** indique la limite de sous excitation et avec des niveaux d'excitation inférieurs, la machine peut ne pas développer suffisamment de couple de synchronisation pour rester synchronisée avec le système et risque de glisser.

Ces paramètres doivent être visualisés par les opérateurs et associés au diagramme de capacité de leur générateur particulier.

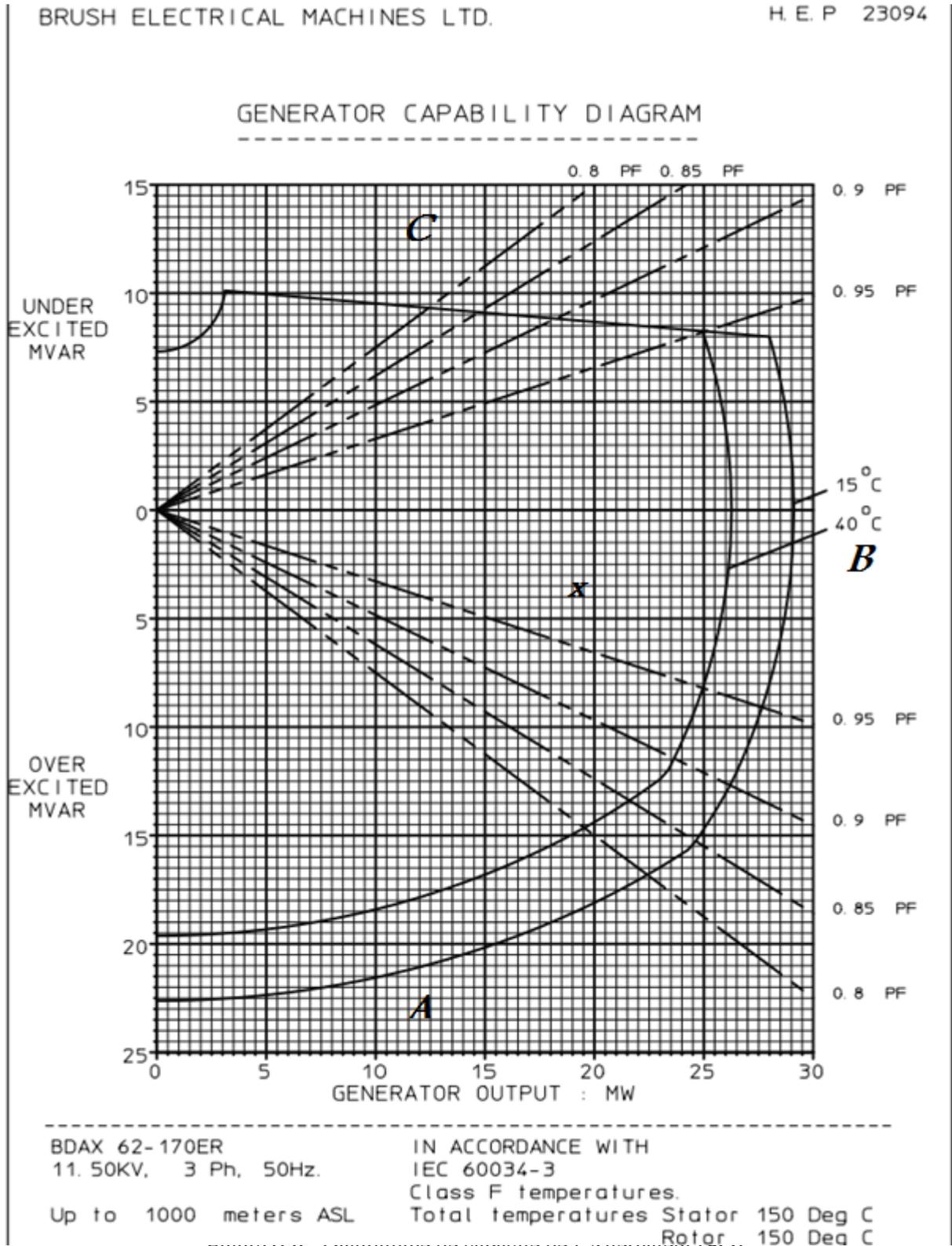


Figure 0-9 . Diagramme de capacité de l'Alternateur (TQ)

III.1.8 Conditions de fonctionnement anormal

L'équipement est totalement supervisé et protégé par le système de contrôle. Au cas où un paramètre sortirait des limites prédéterminées ou au cas où le dispositif de détection

tomberait en panne, le contrôle réagira automatiquement. Un avis est envoyé à l'opérateur par le biais d'un écran d'alarme, et il est consigné dans le résumé des alarmes [31].

III.1.8.1 Alarmes

Une alarme est un avis qu'un paramètre est passé d'une condition normale à une condition anormale, ou qu'un événement en dehors du fonctionnement normal s'est produit. L'alarme sera indiquée sur l'écran d'alarme, l'écran de résumé des alarmes et l'affichage des alarmes au bas de l'écran du système de surveillance ICE. Un klaxon sonnera l'alarme.

Si l'alarme est telle que le dommage n'est pas imminent, la machine continuera de fonctionner. L'opérateur doit cependant enquêter la condition et lancer une action pour y remédier.

L'alarme restera sur l'écran d'alarme jusqu'à ce que le paramètre soit revenu à une condition normale.

III.1.8.2 Réduction de puissance contrôlée (CDB (Control Drive-Back))

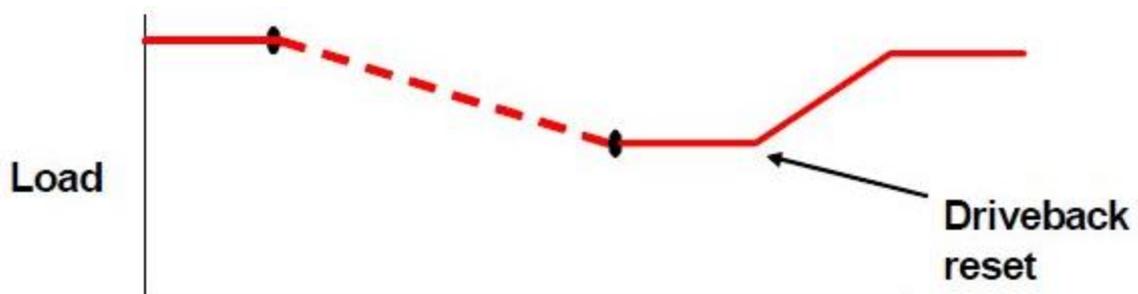


Figure III-10: Réduction de puissance contrôlée [4]

Si la condition devient plus grave ou si une condition où une limite opérationnelle est dépassée mais ne pose aucun danger immédiat, le contrôle peut lancer une réduction de puissance contrôlée. Le niveau de puissance de la machine sera réduit jusqu'à ce que le paramètre se trouve de nouveau dans les limites opérationnelles. Si le paramètre ne revient pas dans les limites acceptables, le niveau de puissance continuera de diminuer jusqu'à ce que le disjoncteur 52G s'ouvre et que la machine effectue un arrêt normal.

La cause de la réduction de puissance et la condition de réduction de puissance seront consignées. Le bouton Drive-back Reset (Remise à zéro de la réduction de puissance) sur l'écran Start (Démarrage) sera activé.

L'opérateur peut remédier à la condition qui provoque la réduction de puissance et reprendre les opérations normales. Si la condition a été résolue, ouvrir l'écran Start et cliquer sur le bouton Drive-back Reset (remise à zéro de la réduction de puissance) rétablira la réduction de

la puissance. Le contrôle amènera la puissance au niveau de la valeur de consigne opérationnelle précédente et le fonctionnement normal se poursuivra.

Si la condition de réduction de puissance ne peut pas être résolue lorsque la machine est en ligne, la machine peut continuer de fonctionner à un niveau de puissance réduite. À condition que le paramètre reste dans les limites de sécurité.

III.1.8.3 Arrêt contrôlé (CSD (Control Shutdown))

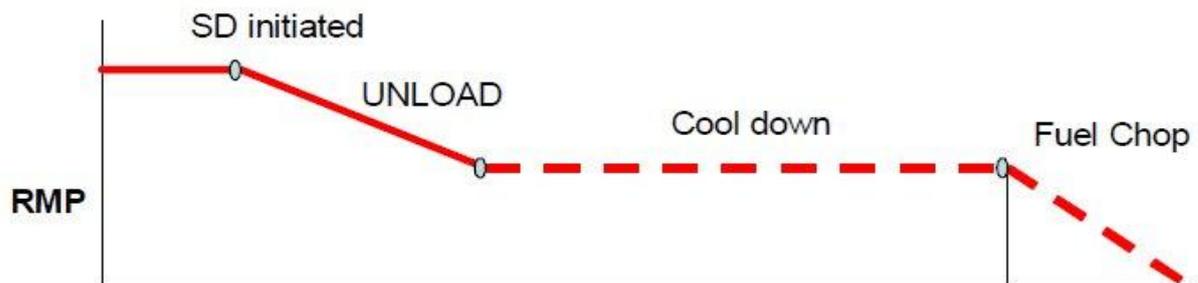


Figure 0-11: Arrêt Contrôlé [30]

Si la condition devient plus grave ou si c'est une condition dans laquelle une limite opérationnelle est dépassée et que poursuivre le fonctionnement pourrait devenir dangereux ou provoquer l'endommagement de l'équipement, le contrôle lancera un arrêt contrôlé.

La machine répondra comme si un arrêt normal était lancé, exception faite que le témoin lumineux vert « **Prêt à démarrer** » ne s'allumera pas. La machine perdra de la charge, le disjoncteur 52G s'ouvrira et la machine s'arrêtera après une période de refroidissement. Au moment où la machine s'arrêtera, le ou les relais de rupture se déclencheront et l'opérateur devra les remettre à zéro manuellement voir l'ANNEXE 6.

La cause de l'arrêt contrôlé (CSD) et la condition de cet arrêt seront consignées comme alarme.

Un CSD en dessous de la vitesse de ralenti entraînera un déclenchement de la machine.

III.1.8.4 Déclenchement (Trip)

Toute condition provoquant un danger immédiat de sécurité ou entraînant un endommagement de l'équipement provoquera un déclenchement automatique de la machine.

Si l'opérateur note une situation exigeant un déclenchement de la machine, il peut amorcer le déclenchement en appuyant sur le bouton poussoir Emergency Stop (Arrêt d'urgence) sur le panneau de l'opérateur.

Un déclenchement aura pour effet immédiat l'ouverture du disjoncteur 52G et une coupure immédiate de l'alimentation en combustible. Les relais de rupture se déclencheront et exigeront une remise à zéro manuelle de la part de l'opérateur.

Si la machine se déclenche sous tension, le contrôle lancera un refroidissement automatique. Le cycle de refroidissement ne se mettra pas en route si le déclenchement est lancé par le bouton d'arrêt d'urgence.

Certains types de déclenchements ne mettront pas en route le cycle de refroidissement parce que la rotation de la machine pourrait entraîner un endommagement supplémentaire.

L'opérateur peut annuler le cycle de refroidissement en appuyant sur le bouton d'arrêt d'urgence.

III.1.8.5 Dispositifs ou capteurs en panne.

A mesure que le système de contrôle surveille les entrées analogiques, la logique applique deux jeux de critères au signal. Le premier critère détermine si le paramètre se situe dans la fourchette de fonctionnement normal. Si la valeur se situe hors de la fourchette, une alarme ou autre action est mise en route.

Le deuxième critère détermine si la valeur se situe dans une fourchette de fonctionnement prédéterminée pour ce capteur particulier. Si la valeur se situe hors de la fourchette, le système de contrôle détermine que le capteur est en panne et lance une action comme ci-dessus.

Un X rouge sur l'identification de codet du dispositif indique des capteurs en panne sur les écrans des schémas de systèmes. Si un capteur indique une condition de panne après une activité de maintenance ou un calibrage, cliquer sur le bouton Reset (Remise à zéro) sur l'écran Start peut le remettre à zéro.

Il est permis de fonctionner avec un maximum de deux (2) thermocouples (TC) TGE en panne. Chaque TC en panne sera annoncé. Le troisième TC qui tombera en panne lancera un arrêt contrôlé (CSD) et interdira la permission de démarrage pour le moteur en question [31].

III.1.8.6 Arrêt d'urgence (Emergency Stop)

Cette opération manuelle ou automatique consiste à fermer rapidement la vanne de combustible de manière à stopper le débit.

Cette action fonctionne sur une turbine à gaz en charge ou en cours de démarrage ou d'arrêt

- Soit par sollicitation du bouton d'arrêt d'urgence ;
- Soit par fonctionnement d'une protection électrique ou mécanique.

III.1.8.6.1 Séquences d'arrêt d'urgence

La séquence est similaire à un arrêt normal, avec une perte de flamme instantanée. Une alarme indique l'origine du défaut. La turbine à gaz est en séquence de refroidissement. Il est impératif de traiter le défaut qui a provoqué l'arrêt d'urgence avant tout redémarrage.

III.1.9 Mode de régulation AVR



Figure III-12: Mode de régulation AVR

Le régulateur automatique de tension AVR, possède trois modes de régulation :

- **VAR** : dans ce mode régulation, l'AVR garde la valeur de la puissance réactive constante et fait varier la valeur de VOLT et PF.
- **PF** : dans ce mode de régulation, l'AVR garde la valeur de facteur de puissance stable en variant la puissance Active et la puissance apparente $FP=P/S$.
- **VOLT** : dans ce mode de régulation, l'AVR garde la valeur de la tension à la borne de l'alternateur Stable et les valeurs de FP et VAR varient.

Au niveau de la centrale de Ouargla on utilise le mode de régulation VOLT, car il est très important de garder la tension des auxiliaires stable.

III.1.10 Modes de fonctionnement [28]

III.1.10.1 Parallèle (parallel mode)

C'est le mode de fonctionnement normal pour la production d'électricité. L'unité peut être connectée au réseau et fonctionner en mode veille avec d'autres équipements générateurs. La charge et le facteur de puissance sont contrôlables par l'opérateur.

III.1.10.2 Isolated droop (isodroop)

Ce mode permet à l'unité d'alimenter un réseau isolé avec une caractéristique de statisme à +/- 4% de la vitesse. La différence entre l'idéal et l'objectif de consigne est appelée le statisme.

III.1.10.3 Isolated precise (isoprecise)

Cette option permet à l'unité d'alimenter un réseau isolé avec un statisme à zéro pour cent de la vitesse. Les autres générations ne peuvent pas être mises en parallèle avec l'unité et la charge totale connectée doit être inférieure à la capacité de la TG.

III.1.11 Types des centrales

Les fluctuations de l'appel de puissance obligent les compagnies d'électricité à prévoir trois classes de centrales de génération :

- **les centrales de base** de grande puissance qui débitent leur pleine capacité en tout temps. Les centrales nucléaires sont particulièrement aptes à remplir ce rôle.
- **les centrales intermédiaires** de puissance moyenne qui peuvent réagir rapidement aux fluctuations de la demande. C'est le cas des centrales hydrauliques dont le débit est facilement contrôlable.
- **les centrales de pointe** de puissance moyenne qui ne débitent leur pleine capacité que pendant de courtes périodes.

Les centrales de pointe doivent être mises en marche dans un délai très court ; elles utilisent donc des moteurs diesel, des turbines à gaz, des moteurs à air comprimé ou des turbines hydrauliques à réserve pompée [24].

III.1.12 Protections

III.1.12.1 Protection technologiques

- Protection des vibrations ;
- Protections des survitesses ;

- Protection de haute température.

III.1.13 Protections électriques

Les protections de l'alternateur sont résumées dans la figure suivante selon le système de protection IPScom M-3425.

21 Phase Distance	50 Instan. Phase Overcurrent	51V Inv. Time Phase Overcurrent	78 Out of Step
24 Volts per Hz	50/27 Inadvertent Energizing	59 Phase Overvoltage	81 Frequency
27 Phase Undervoltage	50BF Breaker Failure	59N Neutral Overvoltage	81R ROCOF
27TN Third-Harmonic Undervoltage	50DT Time Overcurrent	60FL V. T. Fuse-Loss	87 Phase Differential
32 Directional Power	50N Instan. Neutral Overcurrent	64F/B Field Ground	87GD Ground Differential
40 Loss of Field	51N Inv. Time Neu. Overcurrent	64S Stator Ground	EXT External
46 Neg. Seq. Overcurrent	51T Inv. Time Positive Sequence		

Figure III-13: Liste des protections de l'Alternateur

Conclusion.

Le bon fonctionnement d'un groupe turbo-alternateur Mobile FT8-3, ne se résume pas uniquement par le démarrage, mais par le couplage et puis par une bonne exploitation, prenant en considération les variations de tension et de fréquence sur le réseau en générale, et au niveau des auxiliaires en particulier, car une chute de tension au niveau de transformateur auxiliaire peut perturber le fonctionnement d'un moteur, variateur, carte électronique, donc risque de déclenchement de groupe TG.

Dans ce contexte, nous avons rencontré un problème de surcharge des transformateurs auxiliaires des TG2 et TG3 (250 kVA chacun), dans le chapitre suivant nous allons étudier ce problème et nous allons proposer une solution définitive.

CHAPITRE IV

Choix de transformateur

Généralités

IV.1.1 Commutateur de transfert automatique ATS (Automatic transfer switch)

Un commutateur de transfert automatique est un commutateur ou un groupe de commutateurs qui transfère automatiquement une charge à une autre source d'alimentation en cas de défaillance de la source d'origine [32].



Figure IV-2: Commutateur de transfert automatique ATS

IV.1.2 Transformateur

Un transformateur est une machine électrique statique qui fonctionne sur le principe de l'induction électromagnétique, destiné à transformer la tension et le courant alternatifs, à une tension et courant alternatifs de même fréquence mais d'amplitudes différentes selon les besoins d'utilisation. Il peut être utilisé en abaisseur de tension ou en élévateur de tension.

IV.1.2.1 Classification des transformateurs

- **Petits transformateurs :** Ils ont des puissances de moins de 1 kVA en général en monophasé.
- **Transformateurs spécialisés :**
Ils ont des puissances de 1 à 25 kVA soit en monophasé soit en triphasé.
- **Transformateurs de distribution :**
 - Les transformateurs sur poteaux de 25 à 100 kVA.
 - Les transformateurs dans des postes de distribution 100 à 2 000 kVA.
 - Transformateurs pour le transport et l'interconnexion : Ils ont des puissances de 2 000 kVA à 1350 MVA.
- **Transformateurs spéciaux :** Ce sont les transformateurs pour les postes de soudure à l'arc, les fours à induction, les transformateurs de mesure [33].

IV.1.2.2 Constitution du transformateur triphasé

Le transformateur triphasé est composé de deux circuits :

Un circuit magnétique (la culasse). Un circuit électrique comportant trois enroulements primaires et trois secondaires [33].

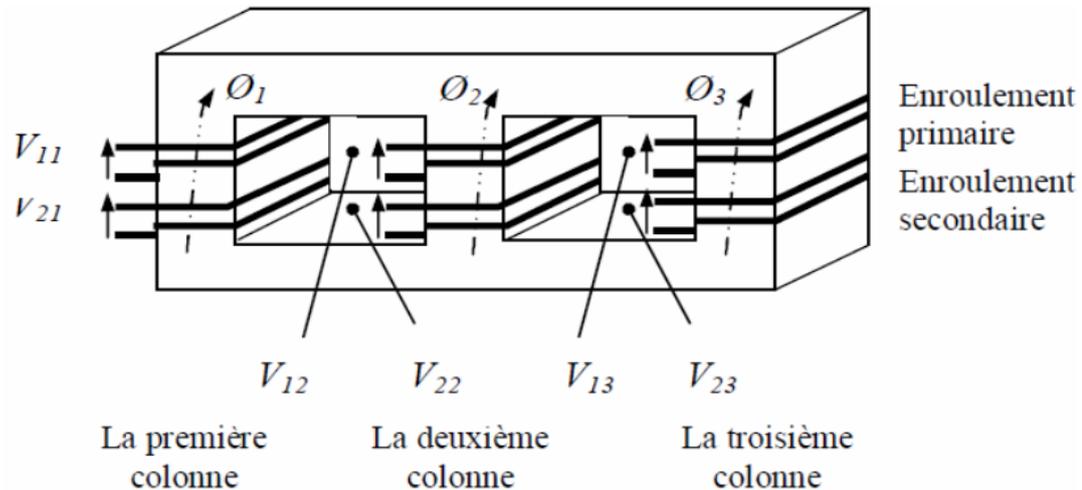


Figure IV-3: transformateur triphasé

IV.1.3 Critères de choix d'un transformateur

Les paramètres essentiels de choix du transformateur sont [35] :

- **La tension primaire** : La tension primaire du transformateur c'est la même tension de jeux de barre 11.5KV.
- **La tension secondaire** : La tension secondaire du transformateur 400 V.
- **Puissance du transformateur** : La puissance admissible d'un transformateur est exprimée en voltampères (VA) et déterminée par le produit de la tension nominale et du courant nominal d'un enroulement, comme le montre la formule suivante :

$$S = \sqrt{3} \times U_1 \times I_1 \text{ ou } S = \sqrt{3} \times U_2 \times I_2$$

- **Type de technologie souhaitée.**
 - Sec enrobé à isolement dans l'air (Naturel ou forcé) ;
 - Immergé à diélectrique huile minérale.

IV.1.4 Détermination de la puissance optimale

Il est important de déterminer la puissance optimale d'un transformateur car :

- ✓ Sur-dimensionner entraîne un investissement excessif et des pertes à vide inutiles, mais la réduction des pertes en charge peut être très importante.

- ✓ Sous-dimensionner entraîne un fonctionnement quasi permanent à pleine charge et souvent en surcharge avec des conséquences en chaîne [34]:
 - Rendement inférieur (c'est de 50 à 70 % de sa charge nominale qu'un transformateur a le meilleur rendement) ;
 - Échauffement des enroulements, entraînant l'ouverture des appareils de protection et l'arrêt plus ou moins prolongé de l'installation ;
 - Vieillesse prématuré des isolants pouvant aller jusqu'à la mise hors service du transformateur.

IV.1.4.1 La méthode de définir la puissance optimale

Dans la centrale nous avons (5) cinq endroits qui sont alimenté par le transformateur en plus l'éclairage de centrale.

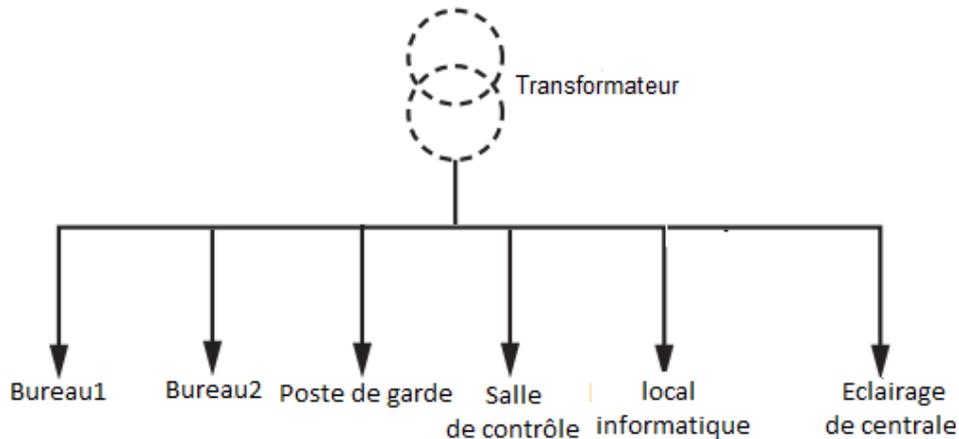


Figure IV-4:les endroits qui alimenté par le transformateur

On établit un bilan des puissances pour déterminer la puissance appelée sur le réseau.
On calcule successivement :

IV.1.4.1.1 La puissance installée P_i (kW)

La puissance installée P_i , c'est la somme des puissances actives en kW des récepteurs de l'installation.

La somme des puissances actives (kW) des récepteurs listés dans les tableaux ci-dessus donc $P_{i\text{ total}} = 83,21182$ kW.

IV.1.4.1.2 La puissance utilisée P_u (kW)

La puissance installée est supérieure à la puissance réellement utilisée. Pour connaître cette dernière Il faut appliquer aux puissances des récepteurs des coefficients tenant compte de leur fonctionnement :

- D'utilisation maximale des récepteurs (K_u) (car ils ne sont pas en général utilisés à pleine puissance) ;
- De simultanéité par groupes de récepteurs (K_s) (car ils ne fonctionnent pas en général tous ensemble) ;
- D'extension ou de réserve (K_e) pour tenir compte de l'éventuelle augmentation de la puissance de l'installation.

Ces facteurs indiquent dans les tableaux ci-dessus, les normes CEI 60439-1 et NF C 15-100 donnent quelques précisions sur ces facteurs indiquées dans le tableau. [34].

$$\begin{aligned} P_u &= \sum (P_r \times K_u \times K_s \times K_e) & (1) \\ &= 49.294717 \text{ kW} \end{aligned}$$

IV.1.4.1.3 La puissance appelée S_a

Les puissances appelées correspondantes S_a sont des puissances apparentes en kVA en tenant compte :

- Des facteurs de puissance ;
- Des rendements.

Elles s'obtiennent à partir des valeurs P_u par :

$$S_a = \frac{P_u}{\cos \varphi} \quad (2)$$

A partir le Guide de la distribution électrique basse tension et HTA – 2009 de Schneider électrique, les moyennes des facteurs de puissance des récepteurs on donne :

Pour les bureaux $\cos \varphi_1=0.92$, atelier $\cos \varphi_2 = 0,85$, et pour local informatique protégé par onduleur $\cos \varphi_3 = 0,8$.

Donc :

$$S_{a \text{ tot}} = \frac{P_u}{\cos \varphi} = \frac{P_u \text{ salle de contrôle}}{\cos \varphi 1} + \frac{P_u \text{ poste de garde}}{\cos \varphi 1} + \frac{P_u \text{ éclairage de centrale}}{\cos \varphi 1} + \frac{P_u \text{ local informatique}}{\cos \varphi 3} + \frac{P_u \text{ Les deux bureaux}}{\cos \varphi 1}$$

$$S_{a \text{ tot}} = \frac{P_u}{\cos \varphi} = \frac{9.796}{0.92} + \frac{4.79676}{0.92} + \frac{16.905}{0.92} + \frac{0.546}{0.8} + \frac{17.25}{0.92} = 56.93 \text{ kVA}$$

Ce qui conduirait a priori à un transformateur de 60 kVA minimum.

Tableau IV-1: Paramètres électrique de transformateur choisi.

Paramètre	Valeur
La puissance (kVA)	60 kVA
La fréquence(Hz)	50
La tension au primaire (kV)	11.5
La tension au secondaire (v)	400

Tableau IV-2:Les puissances de salle de contrôle.

Lieux	Récepteurs	Nombre	La puissance consomme Pr (kW)	Pi (kW)	Ku	Ks	Ke	Pu	Pu par Lieux
Salle de contrôle	climatiseur 24000 btu LG	1	2, 5	2, 5	1	0, 6	1, 15	1,725	9,796
	climatiseur 12000 btu LG	1	1, 7	1, 7	1			1,173	
	Cumulus	1	1, 5	1, 5	1			1,035	
	onduleur ordinateur	1	0, 48	0, 48	0, 1			0,03312	
	Réfrigérateur	1	0, 455	0, 455	1			0, 31395	
	Four	1	1, 25	1, 25	1			0,8625	
	Bain d'huile	1	2, 3	2, 3	1			1,587	
	Résistance chauffante	1	1, 5	1, 5	1			1, 035	
	Aspirateur	1	1, 25	1, 25	0, 6			0,5175	
	Imprimante HP	1	0, 312	0, 312	0, 1			0,02153	
	Lampes Néon	6	0, 036	0, 216	1			0,14904	
	lampe WC	1	0, 075	0, 075	1			0,05175	
	fontaine fraiche	1	0, 55	0, 55	1			0,3795	
	Modem	1	0, 006	0, 006	0, 1			0,00042	
	moteur (pompe)	1	0, 37	0, 37	0, 6			0,15318	
	Surpresseur	1	1, 1	1, 1	1			0,759	
salle de commande	4	1, 98	7, 92	0, 1	0,54648				

Tableau IV-3:Les puissances de poste de garde

Lieux	Récepteurs	Nombre	La puissance consomme (kW)	Pi	Ku	Ks	Ke	Pu	Pu Par Lieux
Poste de garde	Lampes Néon	7	0, 036	0, 252	1	0, 6	1, 15	0, 17388	4, 7968
	Lampe	1	0, 075	0, 075				0, 05175	
	serine moteur	1	2, 71482	2, 71482				1, 87323	
	climatiseur iris	2	0, 93	1, 86				1, 2834	
	fontaine fraiche	1	0, 55	0, 55				0, 3795	
	résistance chauffante	1	1, 5	1, 5				1, 035	
Eclairage de centrale	98	0. 25	24. 5				16. 905	16, 905	

Tableau IV-4: Les puissances des deux bureaux

Lieux	Récepteurs	Nombre	La puissance consomme (kW)	Pi	Ku	Ks	Ke	Pu	Pu par Lieux
Les deux bureaux	Lampe Néon	13	0,036	0,468	1	0,6	1,15	0,32292	17,25
	lampe WC	2	0,075	0,15	1			0,1035	
	climatiseur MEDIA	6	1,008	6,048	1			4,17312	
	climatiseur iris	5	0,93	4,65	1			3,2085	
	climatiseur aux	1	1,91	1,91	1			1,3179	
	climatiseur condor	1	2,7	2,7	1			1,863	
	Souffleur	1	0,6	0,6	1			0,414	
	Réfrigérateur	1	0,99	0,99	1			0,6831	
	Presse café	1	2,4	2,4	1			1,656	
	four1	1	1,05	1,05	1			0,7245	
	four2	1	1,42	1,42	1			0,9798	
	perceuse BOUSCH	1	0,71	0,71	0,6			0,29394	
	moteur (pompe)	1	0,37	0,37	0,6			0,15318	
	sur presseur	1	1,1	1,1	1			0,759	
	Onduleur, ordinateur, moniteur	2	0,48	0,96	0,1			0,06624	
	imprimante OKI	1	1,2	1,2	0,1			0,0828	
	imprimante lexmark	1	0,6	0,6	0,1			0,0414	
	imprimante XEROSE	1	0,4	0,4	0,1			0,0276	
fontaine fraiche	1	0,55	0,55	1	0,3795				

IV.1.5 Type de technologie souhaitée

IV.1.5.1 Choix du diélectrique

Le transformateur de la distribution peut être de type :

- Sec enrobé à isolement dans l'air (Naturel ou forcé) ;
- Immergé à diélectrique huile minérale (type Minera) ou végétale (type Vegeta).

IV.1.5.2 Transformateur sec

Les transformateurs secs sont constitués de bobinages enveloppés d'une résine époxy. Ils peuvent alors être disposés dans une enveloppe de protection (IP 315 ou IP 235) qui permet d'isoler le transformateur du monde extérieur et d'assurer l'évacuation de la chaleur au travers de ses parois.

Les transformateurs secs présentent les meilleures garanties de sécurité contre l'incendie et contre la pollution (pas de fuite de liquide, pas de vapeurs nocives en cas d'incendie).

Puissance jusqu'à 63 MVA et tension primaire jusqu'à 72 kV, et tension secondaire jusqu'à 36 kV [4] [5].



Figure IV-5: Transformateur sec [36]

IV.1.5.3 Transformateur immergé à diélectrique huile

Dans ce type d'équipement, appelé aussi transformateurs immergés, le transformateur est disposé dans un bain d'huile qui assure l'isolation et le refroidissement.

Ces transformateurs sont moins onéreux et ont des pertes moindres. Ils présentent cependant 1 des risques d'incendie et de pollution :

Un défaut interne peut provoquer une surpression et une déformation de la cuve telles que des fuites d'huile peuvent apparaître. Suivant les circonstances, cela peut entraîner l'inflammation de l'huile ou encore une explosion.

Les fuites d'huile peuvent aussi provenir d'un joint défectueux ou de la rupture d'une canalisation. Les huiles qui se répandent peuvent polluer la nappe phréatique. Il faut donc prévoir sous le transformateur une fosse d'évacuation ou un bac de rétention d'huile.

La combustion des huiles dégage des produits toxiques et génère des fumées opaques gênant l'intervention des secours.



Figure IV-6: Transformateur immergé dans l'huile

IV.1.6 Raccordement au réseau

Le raccordement au réseau est indiqué dans L'ANNEXE 5.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons choisi un transformateur type sec enrobé à isolement dans l'air AF (air forcé) pour des considérations suivant :

Puisque la puissance consommée $S = 60 \text{ kVA}$ se situe dans la zone qu'il support le transformateur type sec et refroidi par l'air forcé en raison de la nature du climat dans la région.

Ce choix garantit les points suivants :

- Sécurité des personnes et des biens ;
- Écologique ;
- Aucun risque d'incendie ;
- Installation facile par rapport au transformateur immergé à diélectrique huile minérale.

Conclusion générale

Ce modeste projet de fin d'études nous a permis, à travers le stage effectué dans la société de production d'électricité (SPE) Sonelgaz, de confronter l'ensemble des connaissances acquises tout au long de notre formation avec la réalité du terrain, d'enrichir et d'approfondir nos connaissances concernant les aspects liés aux turbines à gaz.

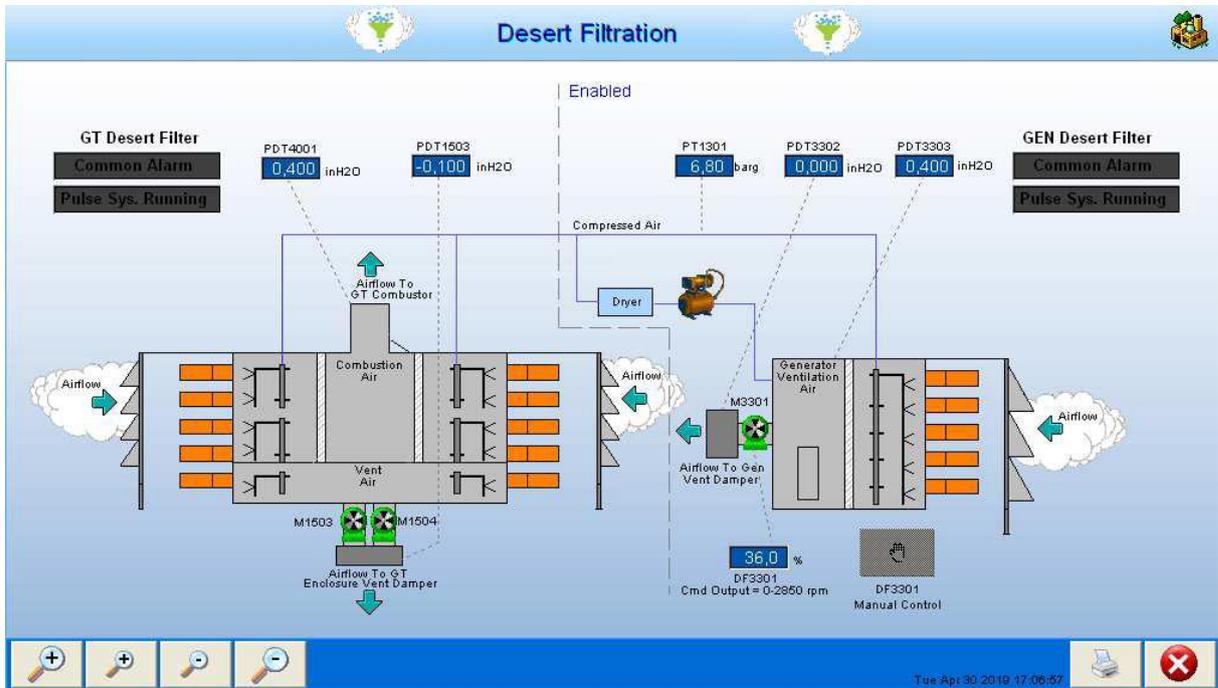
Dans le premier chapitre nous avons donné une présentation, de la société de production d'électricité SPE en général et la centrale de Ouargla en particulier, l'implantation d'une centrale électrique à Ouargla est une solution importante pour l'insuffisance de besoin énergétique de la région et pour ne pas surcharger les lignes de transport venant de la région d'Hassi Messaoud. On a aussi vu la composition mécanique et électrique d'un groupe turbo-alternateur Mobile Pac FT8-3. Puis dans la partie de fonctionnement on constate que l'environnement influe sur le bon fonctionnement des TG Mobile. On a cité aussi les conditions de couplage avec le réseau. Sans oublier aussi de citer le comportement du groupe turbo-alternateur selon les contraintes du réseau électrique.

Nous avons rencontré aussi un problème de surcharge des transformateurs auxiliaires des TG2 et TG3 (250 kVA chacun), suite à l'alimentation des bureaux, l'éclairage, la climatisation, ... etc. Donc on a fait une simple étude pour éliminer le problème de surcharge des transformateurs auxiliaires. Après avoir calculé les besoins énergétiques des bureaux, l'éclairage, ... On a créé une alimentation indépendante venant de la partie primaire de transformateur de puissance (TP) 11.5 kV. Via un transformateur 11.5 KV/ 0.4 KV. 3 ph. 60 kVA.

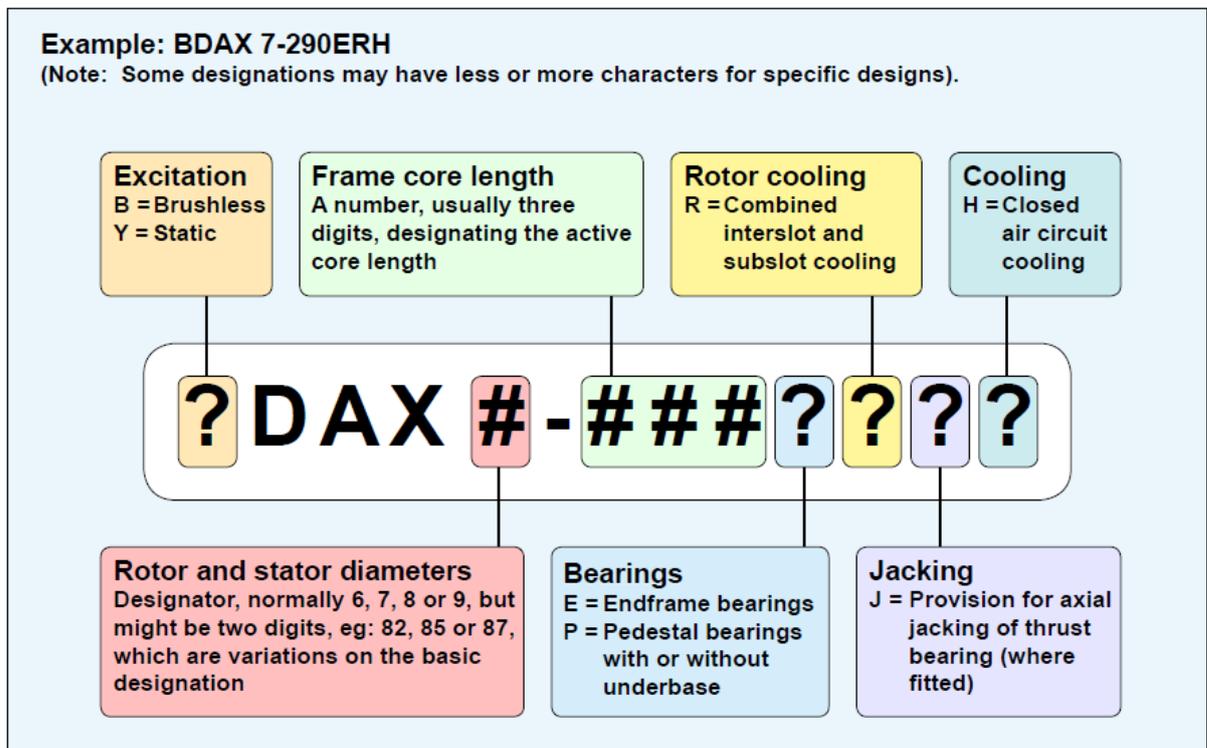
Finalement, nous souhaitons que ce mémoire puisse servir comme outil de travail pour les futurs étudiants ainsi que pour l'entreprise, et qu'il sera amélioré et complété pour rendre son utilité plus complète.

ANNEXES

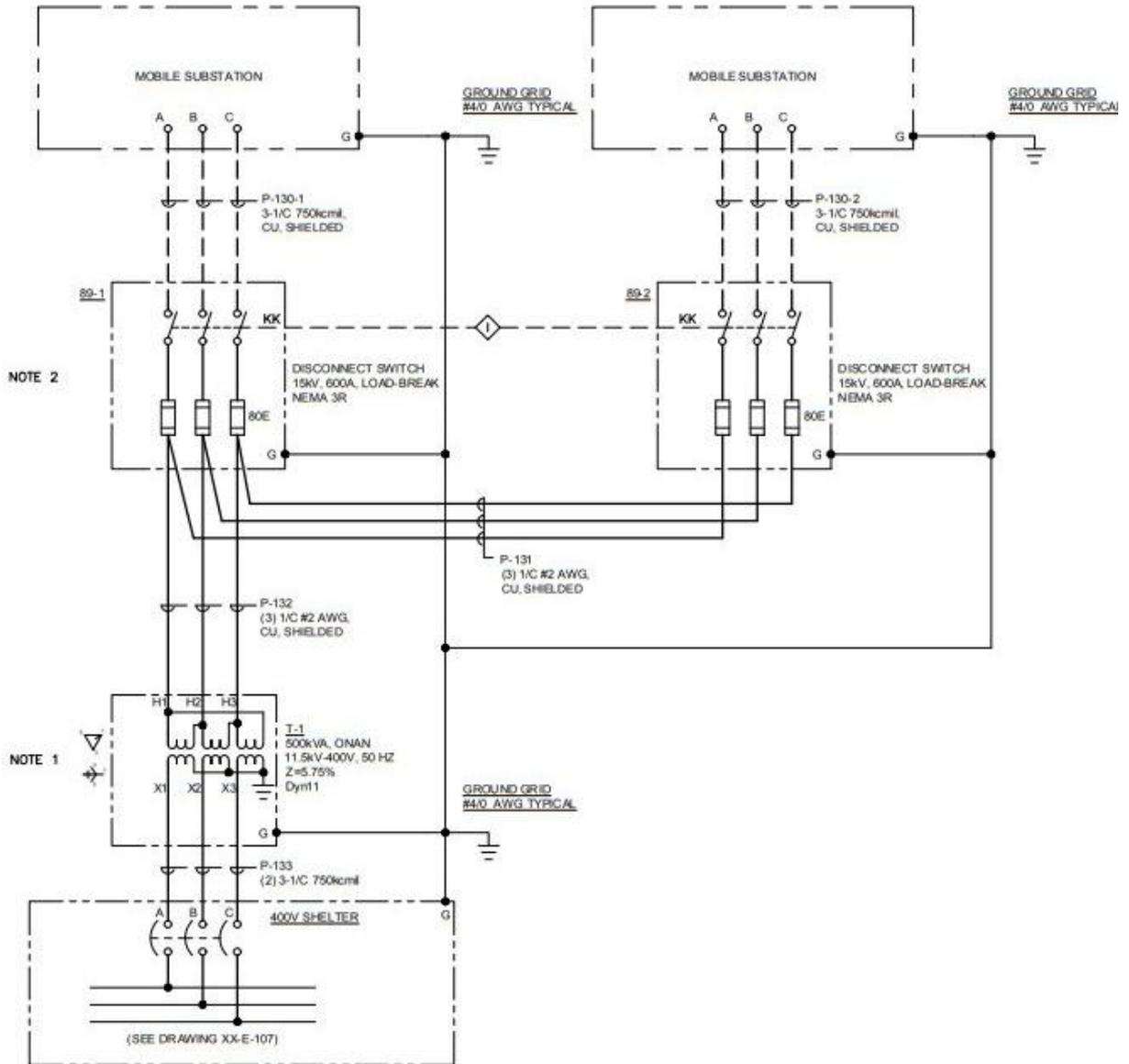
ANNEXE 1 : Système d'autonettoyant



ANNEXE 2: Exemple du plaque signalétique d'alternateur

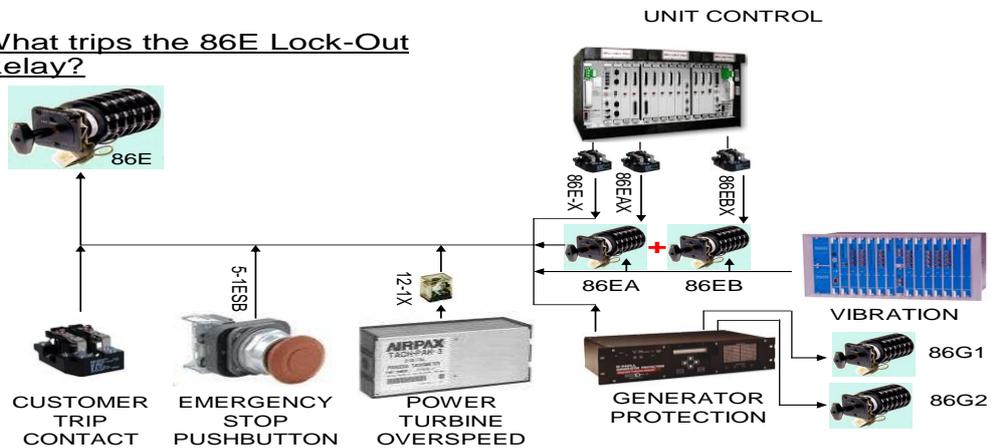


ANNEXE 5 : Schéma raccordement le transformateur avec le réseau a M'sila



ANNEXE 6 : Fonctionnement des relais de rupture 86 E

- What trips the 86E Lock-Out Relay?



Références

- [1] :[Http://www.pwps.com/gas-turbine-package-FT8-3-Mobile Pac/](http://www.pwps.com/gas-turbine-package-FT8-3-Mobile-Pac/)
- [2] :<http://desarrollo.benisafwater.com/partenaires.html>
- [3] :[http://www. sonelgaz. dz/](http://www.sonelgaz.dz/)
- [4] : Mémoire de fin d'études Master 2, Mr. : B. SLIMANI et L. ELHELLI : « étude des possibilistes d'amélioration des performances d'une turbine à gaz PWPS FT8-3 ». UKM Ouargla. GM- énergétique 2017/2018
- [5] : Séminaire / ifeg spa /cam réalisé par :B. BELKHIRI. (TG Mobiles en régime perturbé)
- [6] : Rapports journaliers de la centrale de Ouargla pour les années 2016, 2017 et 2018
- [7] : Documentation technique PWPS
- [8] : PV № 2/2014 DLEP Ouargla (direction du logement et des équipements publics)
- [9] : Division production, chef de projet centrale de Ouargla Mr. A. EMBAREK.
- [10] : Mémoire master de M. BUIHI et Y. LAMANI « choix optimal de l'emplacement d'une centrale de production d'énergie électrique (cas centrale de naama) , Chapitre 2 étude bibliographique sur les types de centrale de production d'énergie électrique. » Université de Tebessa . 2015/2016.
- [11] : <http://scientificsentence.net/Thermodynamics/index.php?key=yes&Integer=Turbines>
- [12] : Programme de formation FT8-3. Familialisation générale au FT8-3
- [13] : Contrat n°19/KDM/2011. N°49/2011/SPE « pièce iv- cahier 1 et cahier 2 »
- [14] : Site CD, technical publications. Sonelgaz v . rev. Nc may15, 2014
- [15] :[Http://www.belv.be/index.php/fr/ct-menu-faq/11-categ-nuclear/51-alternateur](http://www.belv.be/index.php/fr/ct-menu-faq/11-categ-nuclear/51-alternateur)
- [16] : Training manual prismic pms system 237 (English version)manual no: tp00001242 issue: a date: January 2008 -32056810I-package.
- [17] : Package-familiarization lm2000 50hz generator package basic operators course.
- [18] :[Http://www.maxicours.com/se/fiche/2/7/132827.html](http://www.maxicours.com/se/fiche/2/7/132827.html)
- [19] :[Https://sitelec.org/cours/bonnet/triphase.htm](https://sitelec.org/cours/bonnet/triphase.htm)
- [20] : Operating & maintenance manual: 2012-2013 brush electrical machines ltd .
- [21] :[Http://www. emg-emco. fr/excitateursetpmg. php](http://www.emg-emco.fr/excitateursetpmg.php)
- [22] :[Https://brush. eu/what-are-2-pole-generators](https://brush.eu/what-are-2-pole-generators)
- [23] : PWPS FT8-3 training program
- [24] : ELECTROTECHNIQUE 4ème édition. De boeck. WILDI et SYBILLE. Isbn 2-8041-4892-0
- [25] : Documentation technique ABB. Manuel « disjoncteur ». Doc. 2gja700301
- [26] :[Https://www.regenebatt.com/batterie-world/questions-reponses-batterie/quest-ce-la-tension-de-floating.html](https://www.regenebatt.com/batterie-world/questions-reponses-batterie/quest-ce-la-tension-de-floating.html)
- [27] : RAPPORT de fin de stage du 25. 02-2006 au 17-04-2006 centrale de m'sila.
- [28] : Operation modePWPS. FT8-3 operation

- [29] :Operation and maintenance of large turbo-generators. Geoff klempner isidor kerszenbaum. A john wiley & sons, inc. publication. 2004. Isbn I-471-61447-5
- [30] :Micro net control systems training manual –dynamic controls
- [31] : Couplage des alternateurs par C. CHEVASSE. Électrotechnique réseau national des ressources
- [32] :<https://fr.scribd.com/document/216331532/commissioning-switches-automatic-transfer>
- [33] : Machines à courant alternatif . Mr. : R. METATLA école de Skikda département génie électrique & instrumentation
- [34] : Guide de la distribution électrique basse tension et HTA – Schneider Electric 2009
- [35] : Cours conception des systèmes électriques chapitre 1disposé par: DJ. TAIBI Septembre 2017
- [36] :<https://www.powertransformers.co.za/mv-or-lv-dry-type-transformers-power-transformers/>

Résumé

Ces dernières années, l'Algérie a investi beaucoup dans les turbines à gaz industrielles qui ont joué un rôle très important dans la production de l'énergie électrique. Avec son temps réduit de démarrage et son mobilité facile, les TG mobiles ont une part dans ces investissements.

L'implantation d'une centrale électrique à Ouargla a pour objectif de secourir et renforcer l'alimentation en énergie électrique de la région et vu sa production annuelle ces trois dernières années on a constaté que la centrale TG Mobile de Ouargla est de type de pointe.

Le groupe TG Mobile Pac peut être installé dans n'importe quelle région en Algérie et quelque soit la nature du réseau soit interconnecté soit isolé (Adrar, Illizi, Tamanrasset) et cela grâce au mode de fonctionnement de l'alternateur (parallèle, isodroop et isoprecise), le mode de régulation de tension au niveau de la centrale de Ouargla doit être le « VOLT » pour assurer une tension stable aux bornes de l'alternateur et aux transformateurs auxiliaires de groupe mais cela ne suffit pas car les transformateurs auxiliaires TA des TG2 et TG3 alimentent d'autres équipements (charge) de la centrale comme les bureaux, l'éclairage,.... Donc pour éliminer ce problème, une simple étude a été faite pour assurer l'alimentation des équipements de bureaux et l'éclairage par un transformateur de 60 kVA.

المخلص

في السنوات الأخيرة، استثمرت الجزائر كثيرا في توربينات الغاز الصناعية التي لعبت دورا هاما جدا في إنتاج الطاقة الكهربائية. مع الوقت القصير لبدء التشغيل وسهولة حركتها، فإن محطة التوربين الغازي المحمول لديه جزء من هذه الاستثمارات. حيث تم إنشاء محطة من هذا النوع في ورقلة و الهدف من هذه المحطة هو المساعدة في توليد الطاقة الكهربائية في السنوات الأخيرة، هذا نوع من المحطات يمكن في أي منطقة في الجزائر ومع أي شبكة إما متصلة أو معزولة ، وهذا بفضل طريقة عمل المولد ، نمط تنظيم التوتر على مستوى المحطة يجب ان يكون نمط « VOLT » من اجل ضمان توتر ثابت بين اقطاب المولد والمحول الذي يغذي المساعدات TA ولكن هذا لا يكفي لان محول كل من TG2 و TG3 تغذي حمل اخر في المحطة مثل المكاتب والاضاءة...ولهذا و من اجل ايجاد حل المشكله ، قمنا بدراسة كيفية ضمان تغذية المكاتب باستعمال محول 60 kVA

Abstract

In last years, Algeria has invested so much in industrial gas turbines, which have played a very important role in the production of electricity. With the short start-up and ease of movement, the Mobile Pac FT8-3 gas turbine plant has a part of this investment. This is a type of station that can be found in any region of Algeria and with any network either connected or isolated, by the generator operates modes, the power plant generation mode must be "VOLT" to ensure a constant voltage between the generator poles and the auxiliary transformer AT supply, but this is not enough because both of TG2 and TG3 auxiliary transformers supply another load in the station such as offices and lighting... In order to solve the problem, we have studied how to ensure the supply with a transformer 60kVA.