



الشعبية الديمقراطية الجزائرية الجمهورية  
REPUBLICUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
العلمي والبحث العالي التعليم وزارة  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
المدرسة الوطنية العليا للتكنولوجيا والهندسة- عنابة-  
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE TECHNOLOGIE ET D'INGENIERIE - ANNABA

Département d'Électronique, d'Électrotechnique et Automatique

## MEMOIRE

En vue d'obtention du diplôme de MASTER

Domaine : Science et Technologie

Filière : Electrotechnique

Spécialité : Réseaux Electriques

Présenté par

**AbdelMalek STAMBOULI**

**Mouna DJILI**

# L'UTILISATION DE STATCOM-VSC POUR LE RÉGLAGE DE LA TENSION DANS LES RÉSEAU DE TRANSPORT ÉLECTRIQUE

Encadré par

**Pr. Mourad HOUABES**

ENSTI Annaba

Membres du jury :

Dr. Tarek MESSIKH	Président	ENSTI
Dr.Soumaya BENNEGJAI	Examineur	ENSTI
Dr.Zakarya DJELLOUL KHEDDA	Examineur	ENSTI



## Remerciements :

*Tout d'abord merci à DIEU .*

*Je remercie mon encadrant Pr [**Mourad Houabes**], pour ses conseils avisés, sa disponibilité, sa gentillesse et son soutien tout au long de ce projet .*

*Un grande Remerciement à membre de jury .*

*Je tiens également à remercier tous les enseignants et le personnel de [**L'École Supérieure de Technologies et d'Ingénierie**] pour l'excellente instruction qu'ils m'ont dispensée au fil des ans.*

*Un grand merci à mes parents, mes amis et ma famille pour leur soutien.*

## **Dédicace :**

*Je dédie ce travail à ceux qui occupent une place particulière dans ma vie :*

*Je suis reconnaissante à **ma mère** et à **mon père** pour leur amour éternel.*

*Merci à ma sœur (**Manel**) et à mon frère (**Aymen**) pour leur présence réconfortante, leur soutien et leur amour indéfectible.*

*Je suis reconnaissante à mes amies (**Hanane, Chahra, Anfel, Imene, Fattoum, Aya, Manar, Zohour, Sara, Nourane et Yousra**) pour leur amitié sincère, leurs mots d'encouragement et les moments de bonheur partagés. Merci à tous du fond du cœur*

*Élève ingénieure :**DJILI Mouna***

**Dédicace :**

Je dédie le fruit de ce travail tout d'abord à L'âme de  
notre

vénéré Prophète MOHAMED, Que la prière et le salut  
soit sur lui.

Ensuite à ma mère bien aimée, qui m'a comblé de son  
amour et de sa tendresse, et qui a éclairé mon chemin  
tout au long de ma vie.

A mon père, qui a veillé à mon éducation et fait de moi  
un homme droit et sage , à mes chères frères et a ma  
chère sœur bien aimée

A mes chers oncles que j'adore particulièrement et qui  
m'ont toujours soutenu tout au long de ma vie Mes très  
chères tantes que j'aime ,

A tous mes amis.

STAMBOULI Abdelmalek

## Résumé :

Le transfert d'énergie depuis les sites de production jusqu'aux utilisateurs finaux requiert des réseaux de transport, fréquemment sujets à des déperditions d'énergie compromettant leur fiabilité. Pour y remédier, les technologies FACTS, dédiées à la compensation de l'énergie réactive, sont utilisées. Ce travail se concentre sur l'étude de différents compensateurs, avec une attention particulière portée au STATCOM, capable de stabiliser la tension AC et de maximiser l'efficacité du transfert énergétique.

La modélisation et la simulation ont été réalisées sous MATLAB/Simulink afin d'évaluer l'impact du STATCOM sur la régulation de la tension du réseau. Les résultats obtenus confirment son efficacité pour améliorer la stabilité du réseau en injectant ou absorbant la puissance réactive selon les besoins.

## ملخص:

يتطلب إيصال الطاقة الكهربائية من محطات التوليد إلى المستهلكين المرور عبر شبكات النقل، التي تكون عرضة لفقدان ، FACTS جزء من الطاقة، مما قد يؤثر سلبيًا على استقرار النظام الكهربائي. ولمواجهة هذه التحديات، تم تطوير تقنيات التي تُستخدم بشكل خاص لتعويض القدرة التفاعلية. يركز هذا العمل على تحليل مجموعة من هذه المُعوضات، مع تسليط ، الذي يتميز بقدرته على تنظيم جهد التيار المتردد وتعزيز كفاءة نقل الطاقة STATCOM الضوء على جهاز على STATCOM لدراسة تأثير جهاز MATLAB/Simulink تم إجراء عمليات النمذجة والمحاكاة باستخدام برنامج استقرار جهد الشبكة. وقد أظهرت النتائج مدى فعاليته في تحسين استقرار النظام الكهربائي من خلال قدرته على حقن أو امتصاص القدرة التفاعلية حسب الحاجة.

## Abstract :

The transmission of electrical energy from generator to consumer requires transmission networks, which are often exposed to power losses that affect their stability. To address this, FACTS technologies, dedicated to reactive power compensation, are used. This work focuses on the study of different compensators, with particular attention paid to STATCOM, capable of regulating AC voltage and optimizing power transfer.

Modeling and simulation were performed using MATLAB/Simulink to assess the impact of STATCOM on grid voltage regulation. The results obtained confirm its effectiveness in improving grid stability by injecting or absorbing reactive power as needed.

# **Table des matières :**

<b><i>Introduction générale :</i></b> .....	<b>1</b>
<b><i>I. Généralité sur les réseaux d'énergie électrique :</i></b> .....	<b>2</b>
<b>1.1 Rôle de réseau électrique :</b> .....	2
<b>1.2 Classification de réseau électrique :</b> .....	2
1.2.1 Les réseaux de transport : .....	2
1.2.2 Les réseaux de répartition :.....	2
1.2.3 Les réseaux de distribution :.....	2
1.2.4 Les réseaux d'interconnexion :.....	2
<b>1.3 Les structures topologiques des réseaux électriques :</b> .....	2
1.3.1 les réseaux radiaux : .....	2
1.3.2 les réseaux bouclés :.....	2
1.3.3 Les réseaux maillés : .....	3
<b>1.4 Les postes électriques :</b> .....	3
1.4.1 Types de postes : .....	3
<b><i>II Système FACTS :</i></b> .....	<b>5</b>
<b>2.1 Définition des systèmes FACTS :</b> .....	5
<b>2.2 Classification des systèmes FACTS :</b> .....	5
2.2.1 les compensateurs parallèles: .....	5
2.2.2 les compensateurs séries :.....	7
2.2.3 les compensateurs hybrides (série-parallèles) .....	8
<b><i>III Étude de STATCOM :</i></b> .....	<b>9</b>
<b>3.1 Principe de fonctionnement :</b> .....	9
<b>3.2 caractéristiques de STATCOM :</b> .....	11
<b><i>IV simulation de STATCOM :</i></b> .....	<b>12</b>
<b>4.1 résultats de simulation :</b> .....	13
<b>4.2 Interprétation :</b> .....	14
<b><i>Conclusion générale :</i></b> .....	<b>16</b>
<b><i>Référence/Bibliographie :</i></b> .....	<b>17</b>

**Liste des figures :**

Figure I. 1 le poste d'interconnexion .....	3
Figure I. 2 le poste de transformation .....	4
Figure II. 1 schéma simplifié de SVC .....	6
Figure II. 2 schéma simplifié de statcom .....	6
Figure II. 3 schéma simplifié de TCSC .....	7
Figure II. 4 schéma simplifié de SSSC .....	7
Figure II. 5 schéma simplifié de IPFC .....	8
Figure II. 6 schéma simplifié de UPFC .....	8
Figure III. 1 commande de STATCOM .....	9
Figure III. 2 mode capacitif .....	10
Figure III. 3 mode inductif .....	10
Figure III. 4 caractéristiques de STATCOM .....	11
Figure IV. 1 simulation de STATCOM .....	12
Figure IV. 2 résultats de simulation .....	13

**Liste d'abréviation :**

<b>Abréviation</b>	<b>Signification</b>
AC	Alternating Current (Courant Alternative)
DC	Direct Current (Courant Continu)
FACTS	Flexible AC Transmission Systems
SVC	Static Var Compensator
STATCOM	STATic synchronous COMpensator
TCSC	Thyristor Controlled Series Capacitor
SSSC	Static Synchronous Series Compensator
IPFC	Interline Power Flow Controller
UPFC	Unified Power Flow Controller
Vsh	Tension injectée par le STATCOM
Vt	Tension de la ligne
Ps	Puissance active
Qs	Puissance réactive
MATLAB	Matrix Laboratory
TT	Transformateur de Tension
TC	Transformateur de Courant
GTO	Gate Turn-Off Thyristor

## **Introduction générale :**

La complexité et la difficulté de contrôle augmentent avec l'extension du réseau. Ce réseau, chargé de véhiculer d'importantes quantités d'électricité sans disposer de moyens de contrôle suffisamment évolués, fait face à plusieurs difficultés, telles que la sur transmission de puissance réactive sur ses lignes, les baisses de tension entre divers segments du réseau, etc. Ainsi, le potentiel d'interconnexion du réseau n'est pas utilisé à son plein rendement.

Jusqu'à récemment, les réseaux électriques étaient gérés de manière mécanique. Bien que la microélectronique, les ordinateurs et les systèmes de télécommunication rapide soient utilisés pour contrôler les réseaux, la dernière intervention dans ces systèmes de commande est effectuée à l'aide d'appareils mécaniques ayant un délai de réponse variable et avec lesquels l'action d'initialisation et de réinitialisation ne peut pas être systématiquement réalisée à une fréquence élevée par rapport aux dispositifs utilisant des interrupteurs statiques (semi-conducteurs).

Les Systèmes de Transmission Flexible en Courant Alternatif (FACTS) apportent des solutions efficaces face aux contraintes rencontrées dans l'exploitation des réseaux électriques. Ce concept regroupe un ensemble d'équipements reposant sur l'électronique de puissance, destinés à optimiser la gestion et les performances du réseau.

Les FACTS constituent une option alternative aux systèmes de contrôle de puissance qui emploient des méthodes passives : bobine d'inductance et condensateur activés par un disjoncteur, transformateurs déphaseurs avec régleur mécanique, etc. Dans les systèmes FACTS, les commutateurs électromécaniques sont substitués par des commutateurs électroniques. Ils ont donc la capacité d'atteindre des vitesses de commande extrêmement élevées. Par conséquent, les FACTS offrent une fiabilité considérable et une flexibilité quasi illimitée. Dans le domaine de l'électricité, les FACTS sont utilisés pour accomplir des tâches tant en conditions stationnaires qu'en conditions transitoires. Ces dispositifs agissent en modulant l'énergie réactive soit en l'absorbant, soit en l'injectant en ajustant l'impédance des lignes ou en corrigeant les angles de phase des tensions. En régime permanent, les systèmes FACTS sont principalement utilisés dans deux cas de figure : assurer le maintien de la tension à des niveaux appropriés, et réguler les flux de puissance en influençant la réactance des lignes et en ajustant les déphasages.

## **I. Généralité sur les réseaux d'énergie électrique :**

### **1.1 Rôle de réseau électrique :**

L'évolution technologique a rendu possible l'adaptation des tensions à des puissances élevées, ce qui a favorisé la généralisation du courant alternatif grâce à l'utilisation de transformateurs. Le système électrique est organisé par niveaux de tension. Le système électrique se compose de trois segments fondamentaux : le transport, la répartition et la distribution. Une hiérarchisation des niveaux de tension peut être définie au sein de ce réseau, les transitions entre ces niveaux étant assurées par les transformateurs et les postes sources, qui assurent la liaison entre les différentes de tension[1].

### **1.2 Classification de réseau électrique :**

#### **1.2.1 Les réseaux de transport :**

Exploités à des niveaux de tension importants, les réseaux de transport assurent le transfert de l'électricité depuis les sites de génération vers les régions à forte consommation. Le passage de puissances considérables impose le recours à des équipements de forte capacité[2].

#### **1.2.2 Les réseaux de répartition :**

Alimentés par des centrales de puissance intermédiaire et connectés au réseau de transport, ces systèmes opèrent en haute tension et assurent la distribution de l'électricité à l'échelle régionale [2].

#### **1.2.3 Les réseaux de distribution :**

Composés de deux niveaux de tension (moyenne et basse) les réseaux de distribution assurent la connexion des usagers domestiques. Leur architecture est conçue pour proposer aux clients une diversité d'options, adaptée aux particularités nationales et à la concentration démographique [2].

#### **1.2.4 Les réseaux d'interconnexion :**

Le réseau d'interconnexion sert à la distribution d'énergie entre les diverses centrales opérationnelles. De plus, il facilite la réparation des réseaux en cas de panne d'une source ou lors d'un incident. [2]

### **1.3 Les structures topologiques des réseaux électriques :**

#### **1.3.1 les réseaux radiaux :**

Il est constitué de plusieurs artères s'étendant à partir d'un point d'alimentation, mais elles sont "bouclables mais non bouclées" en raison d'un dispositif de couplage qui permet l'approvisionnement de certains dérivés via des artères adjacentes. [3]

#### **1.3.2 les réseaux bouclés :**

Ils sont approvisionnés par diverses sources (généralement 2 ou 3, rarement plus). La présence de diverses sources simultanées (renforce la sécurité d'approvisionnement en cas de défaillance de l'une d'entre elles (comme un transformateur) ou sur une boucle. [3]

### 1.3.3 Les réseaux maillés :

ensemble des lignes est interconnecté en boucle. Il est essentiel que chaque section de la structure puisse supporter des surcharges constantes, et qu'elle soit équipée, à ses deux extrémités, d'instruments de coupure. Cela garantit donc la sécurité maximale, mais au coût le plus onéreux. [3]

### 1.4 Les postes électriques :

#### 1.4.1 Types de postes :

##### 1.4.1.1 Les postes d'interconnexion:

comportant un ou plusieurs nœuds de connexion triphasés désignés sous le terme de jeux de barres. sont conçues pour permettre l'aiguillage de différentes lignes (lignes, transformateurs, etc.) ayant la même tension. [4]



*Figure I. 1 le poste d'interconnexion [11]*

##### 1.4.1.2 Les poste de transformation :

Ces infrastructures intègrent au moins deux systèmes de barres omnibus à des tensions différentes, reliés entre eux par un ou plusieurs transformateurs [4].



*Figure I. 2 le poste de transformation [12]*

#### **1.4.1.3 Les postes mixte:**

Les appareillages haute tension assurent des fonctions clés : le maintien de la continuité ,la commande ou l'interruption du courant, ou l'isolement des circuits, ainsi que l'ajustement des niveaux de tension grâce aux transformateurs de puissance. Ce type d'équipement, nécessitant plusieurs étapes de conversion, est fréquemment rencontré dans les réseaux interconnectés.

**[4]**

## **II Système FACTS :**

La technologie FACTS, en optimisant le contrôle des paramètres du réseau et en augmentant sa capacité de transport, joue aujourd'hui un rôle clé dans l'amélioration des performances des systèmes électriques.

### **2.1 Définition des systèmes FACTS :**

Les systèmes FACTS regroupent des équipements statiques destinés à améliorer l'efficacité de la transmission de l'énergie électrique au sein des réseaux en courant alternatif. Ils utilisent des inductances et condensateur ou dispositifs de l'électronique de puissance (thyristors ou transistors) leur mode de fonctionnement basé sur les compensation séries, parallèles ou sur de combinaison des deux[5] .

### **2.2 Classification des systèmes FACTS :**

#### **2.2.1 les compensateurs parallèles:**

Lorsqu'un élément à impédance ajustable est branché en dérivation sur le réseau, il permet soit de prélever, soit d'injecter un courant fluctuant. ce qui modifie les flux de puissance réactive sur la ligne. Le fonctionnement des compensateurs parallèles repose précisément sur ce principe : Ils délivrent un courant au réseau à travers leur interface de raccordement.

Parmi les compensateurs parallèles les plus couramment utilisés, on distingue :

##### **2.2.1.1 SVC :**

Est un solution shunt de la technologie FACTS, permet de moduler en temps réel la puissance réactive échangée avec le réseau. Il intervient principalement dans le contrôle des variations rapides de tension qui surviennent dans différents modes de fonctionnement. Grâce à son action, il contribue à la stabilité et l'optimisation des réseaux haute tension[6].

Un SVC est constitué de TCR et TSC.

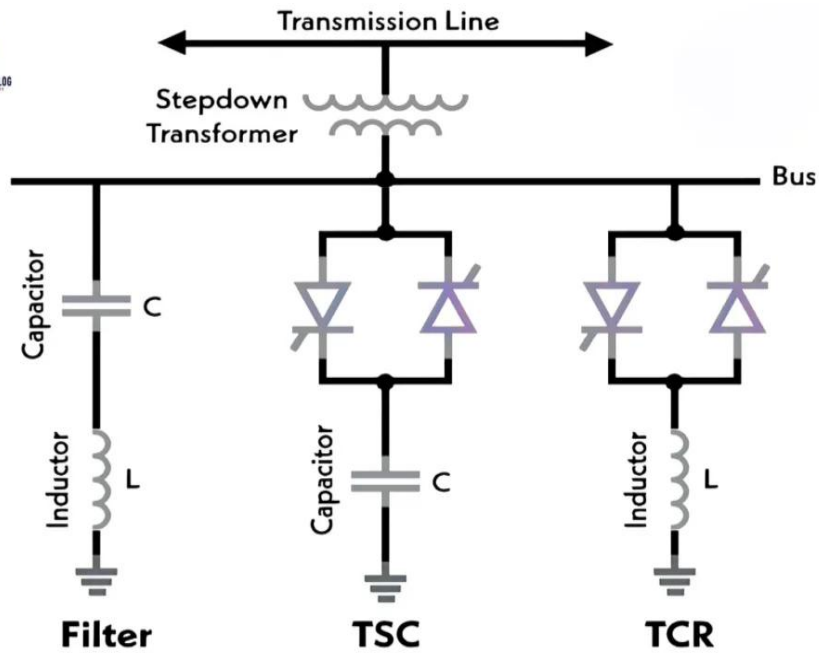


Figure II. 1 schéma simplifié de SVC [13]

### 2.2.1.2 STATCOM:

Associé à un transformateur de couplage pour sa connexion en parallèle au réseau, le STATCOM se compose principalement d'un onduleur de tension alimenté par une source de courant continu, généralement issue d'un condensateur. est illustré dans la figure II.2. [6]

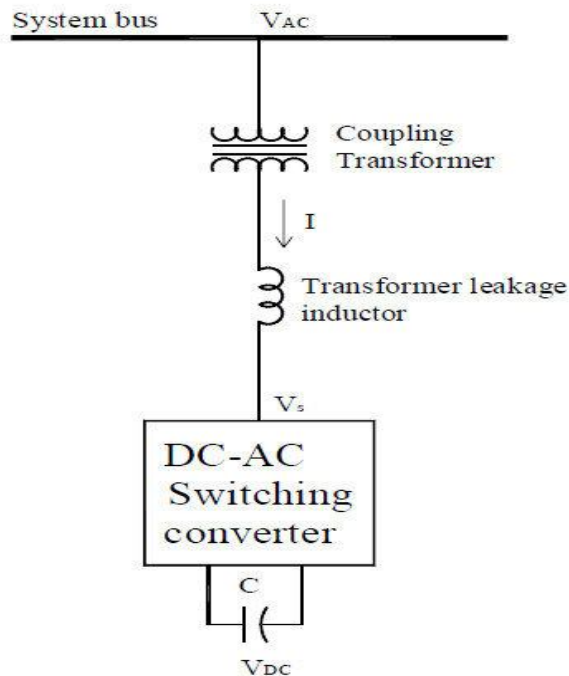


Figure II. 2 schéma simplifié de statcom [14]

## 2.2.2 les compensateurs séries :

on utilise soit des impédances variables ou une source de tension.

### 2.2.2.1 Le TCSC :

En étant connecté en série avec la ligne de transport, Maîtrisant le transfert d'énergie et renforçant la capacité de transport.

Il est illustré à la figure II.3. [7]

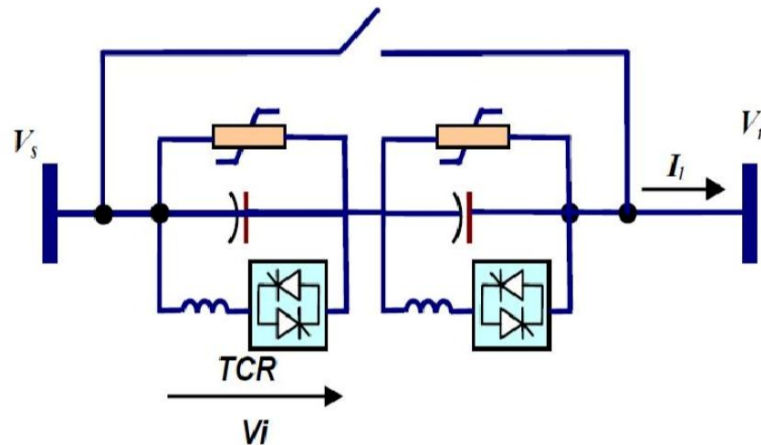


Figure II. 3 schéma simplifié de TCSC [15]

### 2.2.2.2 Le SSSC (Static Synchronous Series Compensator) :

Également connu sous le nom de DVR, Ce système est fréquemment employé dans les réseaux de distribution afin d'améliorer la qualité de l'énergie électrique.

Sa fonctionnement illustré à la figure II.4[7].

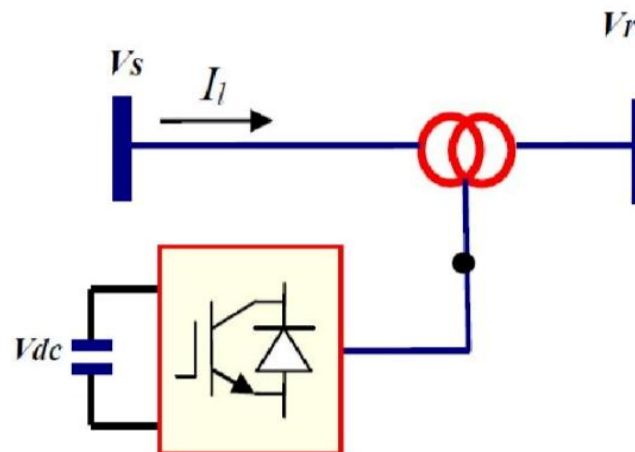


Figure II. 4 schéma simplifié de SSSC[15]

### 2.2.3 les compensateurs hybrides (série-parallèles)

Les compensateurs FACTS mentionnés précédemment (série ou parallèle) offrent la possibilité d'intervenir uniquement sur l'un des trois facteurs qui déterminent la puissance transmise à travers une ligne (tension, impédance et angle). En combinant les deux types d'appareils, on peut obtenir des dispositifs hybrides capables de gérer simultanément les diverses variables mentionnées précédemment.

#### 2.2.3.1 IPFC (Interline Power Flow Controller) :

Ce système contrôle les flux d'énergie dans un réseau de plusieurs lignes, où au moins deux lignes sont compensées en série grâce à un système SSSC. Pour réguler les flux des énergies [8].

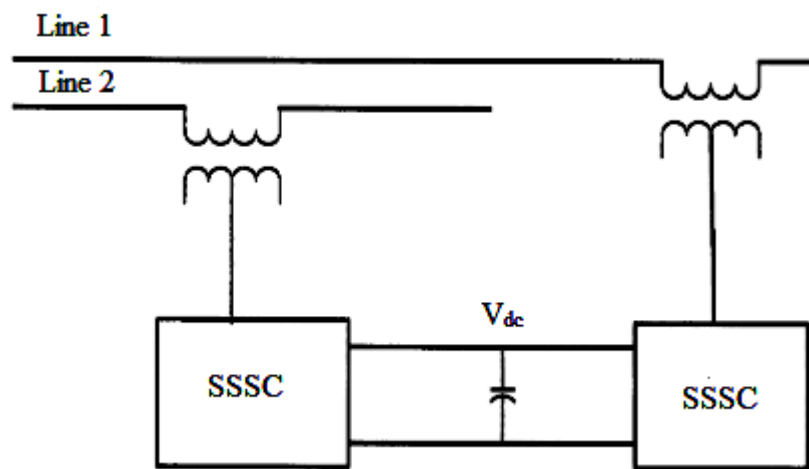


Figure II. 5 schéma simplifié de IPFC [16]

#### 2.2.3.2 UPFC (Unified Power Flow Controller):

Il comprend deux onduleurs triphasés connectée comme illustré dans la figure II.6 [9]

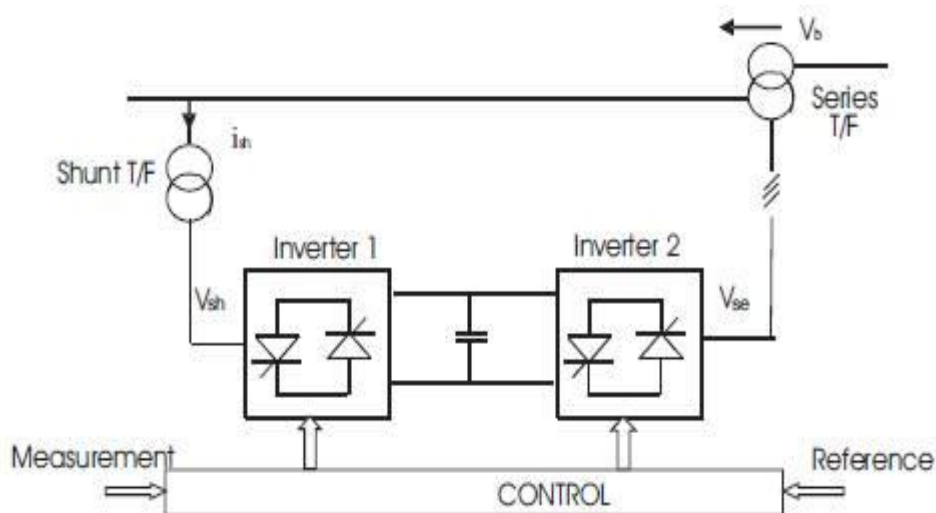


Figure II. 6 schéma simplifié de UPFC [17]

### III Étude de STATCOM :

Le STATCOM, malgré une conception et un fonctionnement distincts de ceux du SVC, assure des fonctions comparables dans le réseau, en agissant comme une source de tension variable à amplitude et phase contrôlées avec précision.

#### 3.1 Principe de fonctionnement :

Dans les infrastructures électriques actuelles, ce type de dispositif parallèle est largement déployé pour maintenir une stabilité optimale de la tension au niveau des barres omnibus, en régulant les échanges de puissance réactive. En règle générale, la tension  $V_{sh}$ , générée par le STATCOM, est calée en phase avec la tension  $V_t$  du réseau. [10]

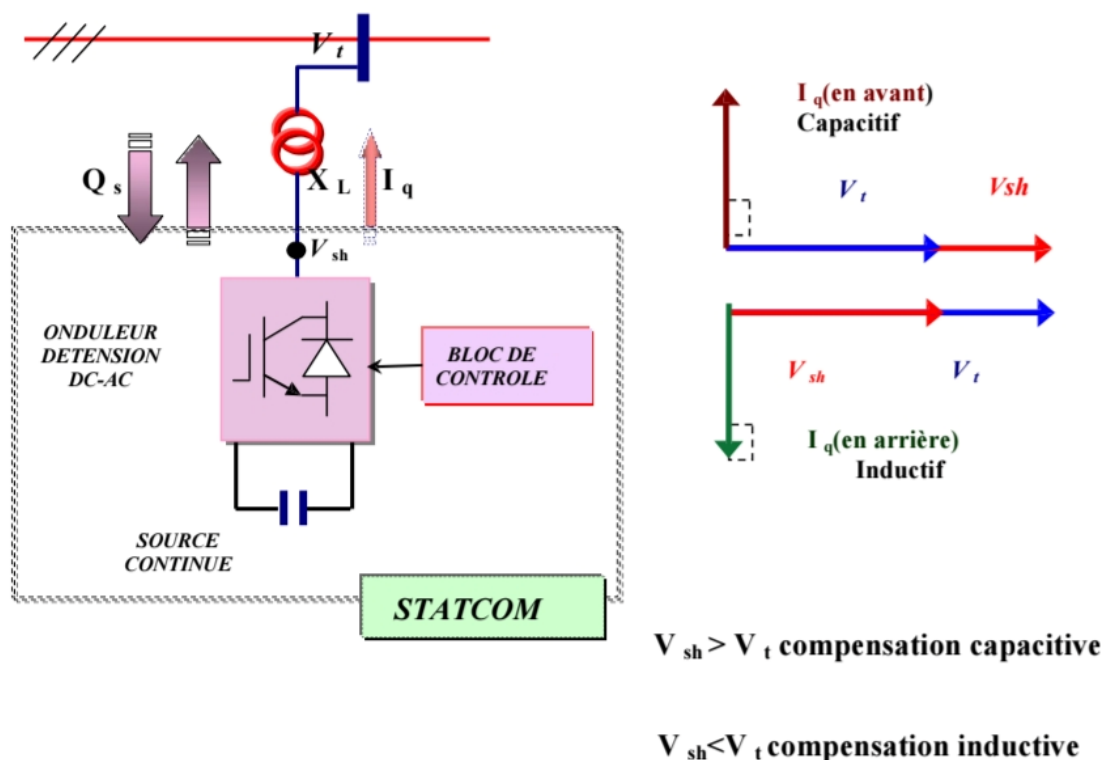


Figure III. 1 commande de STATCOM [18]

Si la tension  $V_{sh}$  est supérieure à la tension  $V_t$ , alors la puissance réactive  $Q_{sh}$  est positive : le STATCOM opère en mode capacitif en injectant de la puissance réactive dans le réseau, comme illustré figure III.2.

En revanche, lorsque  $V_{sh}$  est inférieure à  $V_t$ ,  $Q_{sh}$  devient négative : le STATCOM fonctionne en mode inductif et absorbe de la puissance réactive du réseau, comme représenté dans la figure III.3.

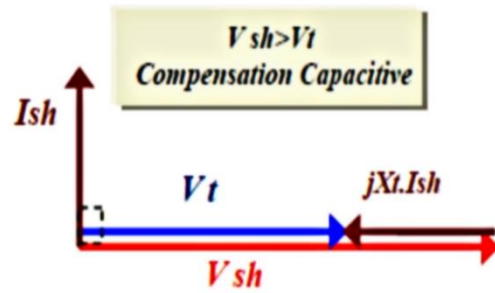
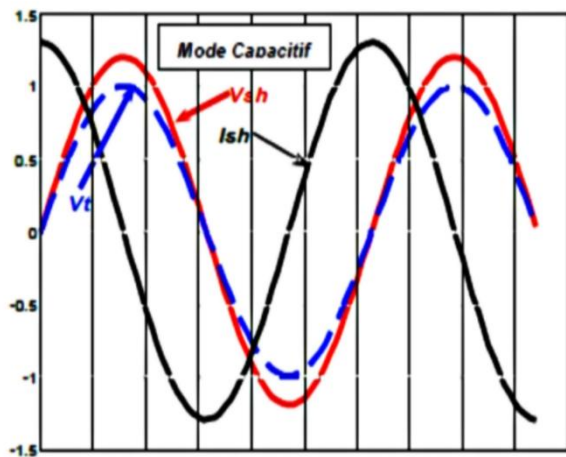


Figure III. 2 mode capacitif [19]

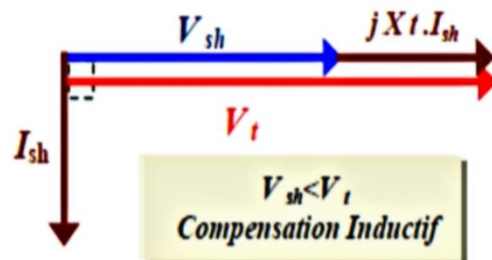
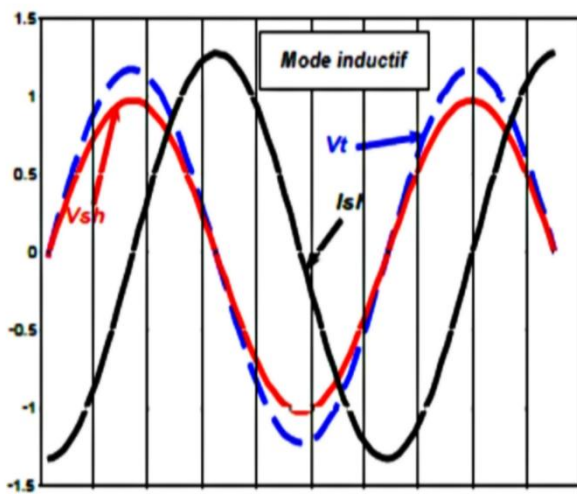


Figure III. 3 mode inductif [20]

### 3.2 caractéristiques de STATCOM :

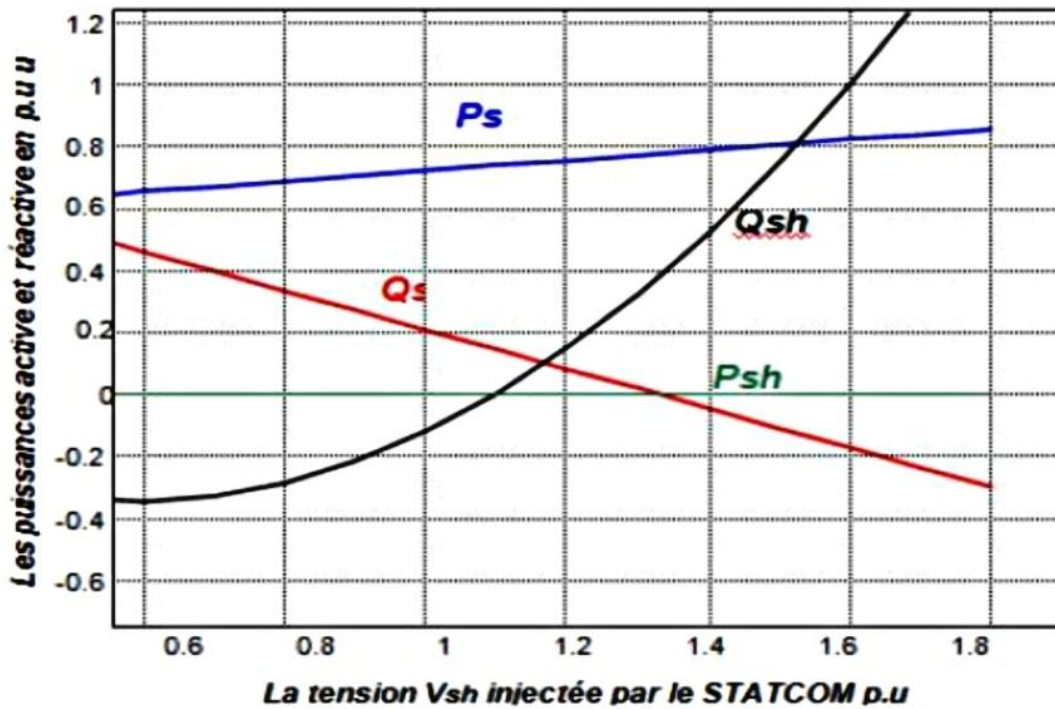


Figure III. 4 caractéristiques de STATCOM [19]

- **Comportement en puissance réactive :**

- Lorsque  $V_{sh}$  augmente,  $Q_{sh}$  croît fortement (positive), Cela indique que le STATCOM injecte une quantité croissante de puissance réactive dans le réseau électrique.
- Inversement,  $Q_s$  diminue de manière linéaire, indiquant que le besoin en puissance réactive provenant du réseau décroît, car le STATCOM compense ce besoin.

- **Comportement en puissance active :**

- $P_s$  augmente légèrement avec  $V_{sh}$ , ce qui montre une petite amélioration du transfert de puissance active dans le réseau.
- $P_{sh}$  reste constant, indiquant que le STATCOM fonctionne principalement en régulateur de réactif sans variation significative de l'échange d'actif.

Par conséquent, pour optimiser le transfert d'énergie via des lignes majeures, il est essentiel d'avoir un compensateur shunt correctement installé. Toutefois, les compensateurs shunts sont rarement employés pour cette fonction, celle-ci étant généralement mieux accomplie par les compensateurs en série qui offrent le même résultat à un coût plus avantageux. [10]

**IV simulation de STATCOM :**

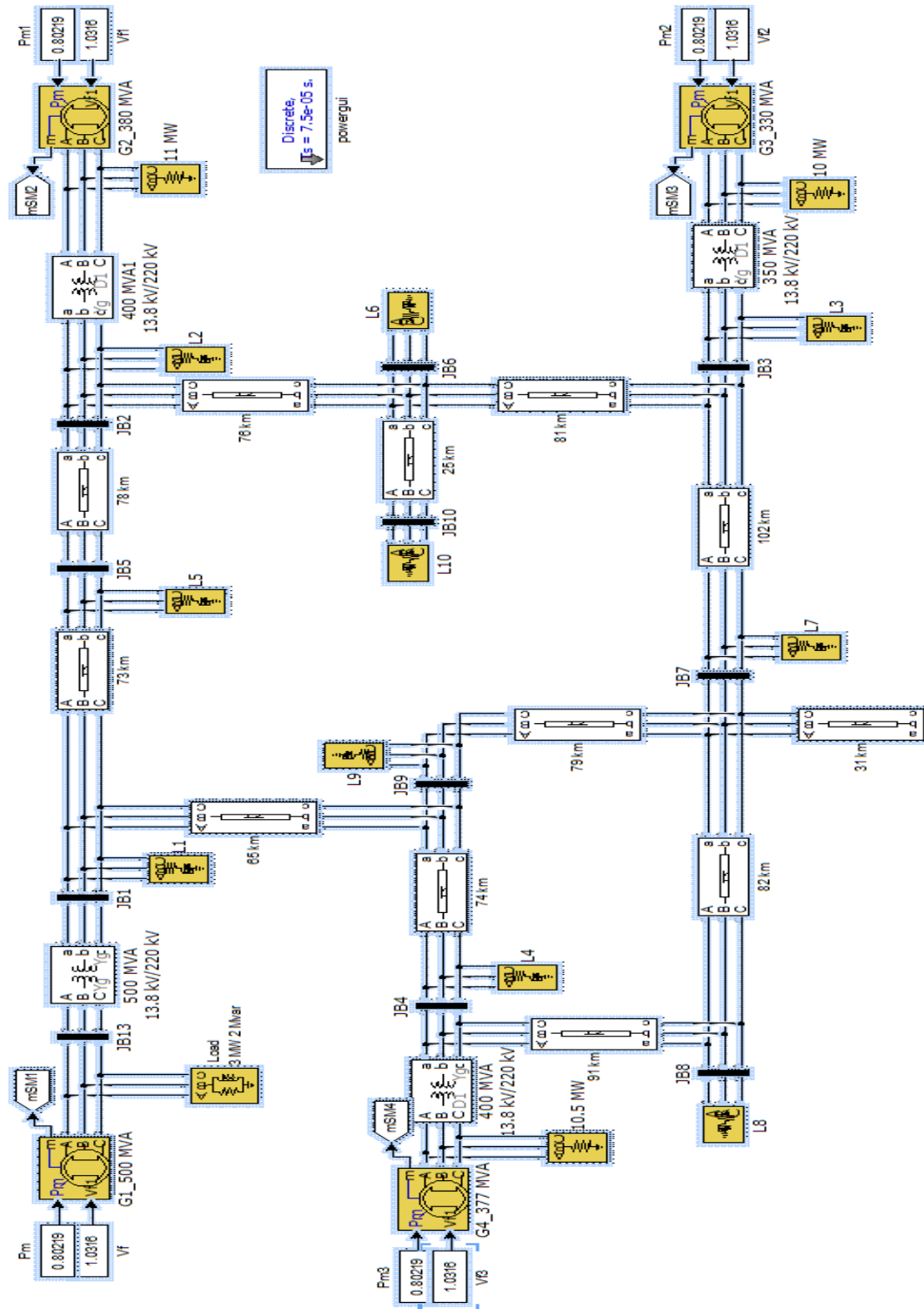


Figure IV. 1 simulation de STATCOM

#### 4.1 résultats de simulation :

##### MEASUREMENTS :

1:	'U AB: JB9	' =	546155.70	Vrms	61.29°
2:	'U BC: JB9	' =	546159.59	Vrms	-58.71°
3:	'U CA: JB9	' =	546158.81	Vrms	-178.71°
4:	'U AB: JB8	' =	475759.21	Vrms	55.58°
5:	'U BC: JB8	' =	475762.78	Vrms	-64.42°
6:	'U CA: JB8	' =	475761.93	Vrms	175.58°
7:	'U AB: JB7	' =	482101.97	Vrms	56.44°
8:	'U BC: JB7	' =	482105.57	Vrms	-63.56°
9:	'U CA: JB7	' =	482104.73	Vrms	176.44°
10:	'U AB: JB6	' =	459510.97	Vrms	56.23°
11:	'U BC: JB6	' =	459514.53	Vrms	-63.77°
12:	'U CA: JB6	' =	459513.61	Vrms	176.23°
13:	'U AB: JB5	' =	569407.92	Vrms	62.95°
14:	'U BC: JB5	' =	569411.94	Vrms	-57.05°
15:	'U CA: JB5	' =	569411.17	Vrms	-177.05°
16:	'U AB: JB4	' =	497286.58	Vrms	59.05°
17:	'U BC: JB4	' =	497290.34	Vrms	-60.95°
18:	'U CA: JB4	' =	497289.43	Vrms	179.05°
19:	'U AB: JB3	' =	455093.48	Vrms	56.77°
20:	'U BC: JB3	' =	455097.08	Vrms	-63.23°
21:	'U CA: JB3	' =	455096.10	Vrms	176.77°
22:	'U AB: JB2	' =	495642.58	Vrms	59.93°
23:	'U BC: JB2	' =	495646.36	Vrms	-60.07°
24:	'U CA: JB2	' =	495645.41	Vrms	179.93°
25:	'U AB: JB13	' =	521493.35	Vrms	76.64°
26:	'U BC: JB13	' =	521496.74	Vrms	-43.36°
27:	'U CA: JB13	' =	521496.40	Vrms	-163.36°
28:	'U AB: JB11	' =	478849.42	Vrms	115.90°
29:	'U BC: JB11	' =	478845.85	Vrms	-124.10°
30:	'U CA: JB11	' =	478848.58	Vrms	-4.10°
31:	'U AB: JB10	' =	457000.90	Vrms	55.79°
32:	'U BC: JB10	' =	457004.44	Vrms	-64.21°
33:	'U CA: JB10	' =	457003.52	Vrms	175.79°
34:	'U AB: JB1	' =	692803.49	Vrms	68.83°
35:	'U BC: JB1	' =	692808.15	Vrms	-51.17°
36:	'U CA: JB1	' =	692807.49	Vrms	-171.17°

Figure IV. 2 résultats de simulation

## 4.2 Interprétation :

### 1. Analyse du schéma électrique

Le dessin montre un réseau de transfert d'énergie électrique à haute tension qui inclut plusieurs générateurs, transfos, lignes de transport et gares de transfo. Ici est une explication détaillée :

#### Générateurs

- G1 (500 MVA) : Générateur principal avec une force normale de 500 MVA, liée au poste JB13.
- G2 (380 MVA) : Générateur secondaire avec une force de 380 MVA, liée au poste Pm1.
- G3 (330 MVA) : Générateur qui a une puissance de 330 MVA, relié au poste Pm2.
- G4 (377 MVA) : Générateur qui a une puissance de 377 MVA, connecté au poste Pm3.

#### Transformateurs

- Les transformateurs sont utilisés :
  - Transformateur mSM1: Relié entre G1 et le reste du réseau.
  - Transformateur mSM2 : Lié entre G2 et le reste du réseau.
  - Transformateur mSM3 : Lié entre G3 et le reste du réseau.

#### Lignes de transmission

Les longueurs de ces lignes sont mesurées en kilomètres (par ex. 73 km, 76 km, et ainsi de suite).

#### Postes de transformation

- Les postes qui changent le courant (JB1, JB2 jusqu'à JB13) aident à envoyer l'énergie aux consommateurs ou d'autres secteurs du système. Chaque poste est référencé par un nom unique (par ex. JB1 JB2).

#### Charge

Une charge de 3 MW plus 2 Mvar est montrée dans le schéma, disant une demande d'énergie active et réactive.

#### Analyse des mesures

- UAB, UBC, UCA : Tensions entre les étapes A-B, B-C et C-A chacune.
- Vrms

#### Exemple de lecture

Pour le poste JB9 :

- $U_{AB} = 546155.70$  Volts efficaces, phase =  $61.29^\circ$
- $U_{BC} = 546159.59$  Volts efficaces, phase =  $-58.71^\circ$
- $U_{CA} = 546158.81$  Volts efficaces, phase =  $-178.71^\circ$

## **Observations générales**

### **1. Des tensions homogènes:**

- Les tensions trouvées restent plus ou moins stables et se rapprochent des chiffres attendus pour un réseau à haute tension (en général autour de 13,8 kV ou 220 kV).
- Les tensions changent peu d'un poste à l'autre, rien de strange quand on ajoute les pertes de charge et les hasards de la demande.

### **2. Angles de phase :**

- montrent que les tensions sont bien en triphasé et que les étapes sont bien alignées.
- Les angles entre les tensions  $U_{AB}$ ,  $U_{BC}$  et  $U_{CA}$  doivent être autour de  $120^\circ$ , ce qui se produit normalement pour une alimentation triphasée équilibrée.

### **3. Consistance dans les données :**

Les tensions mesurées aux divers postes (JB1, JB2, ..., JB13) suivent une cohérent logique avec la configuration du réseau. Les tensions baissent un peu quand on va plus loin des sources, ce qui est ordinaire à cause des pertes sur le chemin. Pas de très hautes ou très basses tensions sont vues ce qui signale un réseau en ordre.

Les angles de phase ne montrent pas de grandes différences, ce qui prouve l'équilibre à trois phases.

## **Conclusion générale :**

Dans ce travail , nous avons concentré sur l'étude de statcom .

Pour réaliser ce travail nous avons suivi plusieurs étapes :

Dans le 1ère étape, , nous avons exposés la présentation de généralités de le système électro-énergétique

Dans la 2ème étape, nous avons présentés le système FACTS et leur classification.

Dans la 3ème étape, nous avons exposé le principe de fonctionnement de STATCOM et leur caractéristique.

Dans la 4ème étape, nous avons effectué une simulation de STATCOM à l'aide de logiciel MATALB/SIMULINK.

## Référence/Bibliographie :

- [1] MENACEUR Nouréddine.ZERAOULIA Mouhamed 2019 <<Etudie et protéger les réseaux électriques de transport>>mémoire de master .université badji mokhtar annaba.
- [2] Sari Loubna.Diabi Chaima 2017<<Etude d'un réseau de transport d'énergie à haute tension 90 KV>>mémoire de master. université badji mokhtar annaba.
- [3] Bellamouchi Abdelhai.Bekkouche Moussa.Bekkouche ELhadi.2021<<Conception et simulation de lignes électriques à haute tension>>Mémoire de fin d'étude MASTER ACADEMIQUEUniversité Hamma Lakhdar. El Oued
- [4]Maslhi Aicha .Ahcene Djaballah Chahrazed 2020<<Etude de la Protection des réseaux électriques>>memoire de master . université badji mokhtar annaba.
- [5] SENNI Amina 2018<<Contrôle des tensions d'un Réseaux de Transport par Les Dispositifs FACTs « STATCOM »>> mémoire de Master Académique en Réseaux Electriques Université Ahmed Draïa Adrar
- [6] DJELLAD Abdelhak << chapitre I >> , Cours de compensation FACTS .
- [7] Benras Med Amine.Laroui souleyman 2015 <<Utilisation d'un dispositif STATCOM pour l'amélioration du transit de puissance d'un réseau de transport d'énergie alternatif>> Mémoire MASTER ACADEMIQUEUNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
- [8] BERRAHAL Khoukha 2009 <<Modélisation et simulation d'un système FACTs :UPFC >> mémoire magister université de Batna
- [9] H. Sekhane . 2013<<l'optimisation de la puissance réactive et le contrôle de tension a travers l'incorporation des dispositifs FACTs >>.université de Constantine 1 .
- [10] ABAIDIA FATMA ZOHRA 2018<<Contribution du STATCOM dans l'amélioration du comportement du réseau électrique>>MEMOIRE DE MASTER université badji mokhtar annaba.
- [11]<https://previews.123rf.com/images/phadventure/phadventure1411/phadventure141100065/33625757-high-voltage-switchyard-in-electrical-substation.jpg>
- [12]<https://www.tgbt.fr/wpcontent/uploads/2024/02/7a5be07da913e49d9524df62e3c13d64.jp>
- [13] <https://electricalblogging.com/wp-content/uploads/2024/09/Static-VAR-Compensators-1024x590.webp>
- [14][https://www.researchgate.net/profile/Yusufabubakar\\_Maiwada/publication/323760334/figure/fig1/AS:631622583988333@1527601967886/Basic-Configuration-of-a-STATCOM-STATCOM-is-a-member-of-FACTS-devices-used-for-voltage.png](https://www.researchgate.net/profile/Yusufabubakar_Maiwada/publication/323760334/figure/fig1/AS:631622583988333@1527601967886/Basic-Configuration-of-a-STATCOM-STATCOM-is-a-member-of-FACTS-devices-used-for-voltage.png)
- [15]<https://www.researchgate.net/publication/279914817/figure/fig1/AS:918687804579852@1596043649890/Le-TCSC-a-modele-detaille-b-modele-reduit.png>

- [16] <https://www.researchgate.net/publication/328430620/figure/fig1/AS:684572081668097@1540226111316/Schematic-diagram-of-IPFC-Mohamed-2002.ppm>
- [17] <https://i-managerpublications.com/Uploads/Upload/JEE/V2N4/RP7/f1.jpg>
- [18] <https://www.memoireonline.com/08/21/12161/Analyse-du-comportement-dynamique-du-FACTS-STACOM-face--la-variation-de-la-tension-et-de-la-puissa23.png>
- [19] <https://www.memoireonline.com/08/21/12161/Analyse-du-comportement-dynamique-du-FACTS-STACOM-face--la-variation-de-la-tension-et-de-la-puissa26.png>
- [20] <https://www.memoireonline.com/08/21/12161/Analyse-du-comportement-dynamique-du-FACTS-STACOM-face--la-variation-de-la-tension-et-de-la-puissa27.png>