



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur
et de la Recherche scientifique



Université Echahid Hama Lakhder d'El-Oued
Faculté des Sciences et de la Technologie

Mémoire de Fin d'Étude
En vue de l'obtention du diplôme de

LICENCE ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologie
Filière: Génie Électrique
Spécialité: Réseaux Électriques

Thème

**Contrôle des Puissances Réactives et des Tensions par
les Dispositifs FACTS(SVC) dans un Réseau
Electrique**

Réalisé par:
Bebboukha Houcine
Kadouri Mousbah
Keala Ahmed
Bebboukha Messoud

Encadré par:
Mammeri Oussama

Soutenu en Juin 2015

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tout premièrement 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 Mr. Mammeri Oussama pour avoir d'abord proposée ce thème, pour suivi continuuel tout le long de la réalisation de ce mémoire et qui n'a pas cessée de nous donner ses conseils.

Nous tenons à remercier vivement toutes personnes qui nous ont aidé à élaborer et réaliser ce mémoire, ainsi à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à accomplir ce travail.

Nos remerciements vont aussi à tous les enseignants et le chef de département d'Electrotechnique qui a contribué à notre formation par ailleurs, Nos remerciements à tous les membres du jury qui ont accepté de juger notre travail.

En fin, nous tenons à exprimer notre reconnaissance à tous nos amis et collègues pour le soutien moral et matériel

sommaire

Introduction générale.....	01
----------------------------	----

Chapitre I
Généralités sur la puissance réactive et la tension dans les réseaux électriques

I-1- Introduction	03
I-2- La tension	03
I-2-1- La qualité de la tension	03
I-2-2- Dégradation de la qualité de la tension.....	04
I-2-3- Variation ou fluctuation de la fréquence.....	04
I-2-4- Composante lente des variations de tension.....	05
I-2-5- Fluctuation de tension (flicker)	05
I-2-6- Creux de tension	06
I-2-7- Chutes de tension	06
I-3- La Puissance Réactive	07
I-3-1- Importance de la puissance réactive	07
I-3-2- Le facteur de puissance:	07
I-3-3- Les représentations graphiques.....	08
I-3-4-- La tangente.....	08
I-3- 5 Bilan de la puissance réactive	08
I .3.5-a- Chute de tension sur une ligne.....	09
I-3-6 La Compensation de la puissance réactive.....	10
I-3-6-1- Les dispositifs conventionnels	10
I-3-6-2- Les groupes de production (générateurs).....	11
I-3-6-3- Les condensateurs.....	11
I-3-6-4- Les inductances	11
I-3-6-5- Les compensateurs synchrones.....	11
I-3-6-6-Les compensateurs statiques	11
I-4- Conclusion	12

Chapitre II

Etude des Dispositifs FACTS

II -1-Introduction	13
II-2- Dispositifs FACTS	13
II-3- L'importance des dispositifs FACTS :	13
II-3-1 Classification des dispositifs FACTS	14
II-3-1- 1-La première génération	14
II-3-1- 2- La deuxième generation.....	14
II-3-1 - 3-Une troisième génération.....	14
II-3-2Compensateurs shunt.....	14
II-3-3Compensation séri.....	14
II-3-4 Compensateurs hybrides série – parallè.....	15
II-3-4 1.UPFC (Controleur universelle de l'écoulement de puissance).....	15
II-4- Les avantages de la technologie des dispositifs FACTS.....	15
II-5- Etude d'un Compensateur shunt:SVC.....	16
II-5 -1- Caractéristique d'un compensateur statiqu.....	16
II-5 -1-1- Caractéristique en V d'un compensateur statique.....	16
II-5 -2- Système de contrôle d'un SVC.....	17
II-5 -3. Les équations de SVC :	17
II-5 -4 Implantation du compensateur statique dans le problème de l'écoulement de puissance	19
II-6- Conclusion.....	21

Chapitre III Application

III-1-Description générale.....	22
III-2-Application:(programmation); compensation shunt avec SCV	22
III-2-1-Application(1)	22
III-2-2-L'organigramme globale de l' intégration de SCV.....	23
III-2-3-Organigramme détaillée.....	24
III-2-4-les résultats de programmation (réseau 9 jeux de barres).....	26
III-3-Interprétation.....	31
III-4-Conclusion générale.....	32

Liste de figure

Figure I.1. Exemple de fluctuation de la fréquence.....05

Figure I.2. Exemple de variations rapide de la tension..... 05

Figure I.3. Creux de tension.....06

Figure I.4. Principe de la puissance active et réactive.....07

Figure I.5. représentations graphiques.....08

Figure I.6. Circuit équivalent du réseau électrique.....09

Figure I.7. Diagramme vectoriel associé au circuit précédent.....09

Figure II.1.Principe de la compensation série.....15

Figure II.2.Compensateur Unifier UPFC (Unified power flow Controller).....15

Figure II.3. la caractéristique en V d'un SVC..... 16

Figure II.4.Schéma simplifié du SVC.....17

Figure II.5.Organigramme représentant la variation de l'angle d'amorçage en fonction de la tension à régler.....18

Figure III.1. Schéma d' un réseau test de 9 jeux de barres22

Figure III.2.Variation de la tension – cas normale.....26

Figure III.3.Variation de la tension – cas rupture de la ligne (1-2)27

Figure III.4.Variation de la tension en fonction de l' incrémentation de la charge.....30

Liste de tableau

Tableau I.1. Quelques dispositifs de contrôle utilisés dans le problème tension/puissance réactive.....	12
Tableau(III -1):Résultats des tensions du réseau électrique –cas normale	26
Tableau(III -2):Résultats des tensions du réseau électrique –cas rupture de la ligne (1-2)...	27
Tableau(III.3.a) cas sans compensation.....	28
Tableau(III.3.b)cas avec compensation.....	29
Tableau(III.4.) cas de l'augmentation de la charge avec20% 100%.....	30

Introduction générale

Introduction générale

L'industrialisation et la croissance de la population sont les premiers facteurs pour lesquels la consommation de l'énergie électrique augmente régulièrement. Ainsi, pour avoir un équilibre entre la production et la consommation, il est à première vue nécessaire d'augmenter le nombre de centrales électriques, de lignes, de transformateurs etc., ce qui implique une augmentation de coût et une dégradation du milieu naturel. En conséquence, il est aujourd'hui important d'avoir des réseaux maillés et de travailler proche des limites de stabilité afin de satisfaire ces nouvelles exigences [1].

Durant les dernières années, l'industrie de l'énergie électrique est confrontée à des problèmes liés à de nouvelles contraintes qui touchent différents aspects de la production, du transport et de la distribution de l'énergie électrique. On peut citer entre autres les restrictions sur la construction de nouvelles lignes de transport, l'optimisation du transit dans les systèmes actuels, la Cogénération de l'énergie, les interconnexions avec d'autres compagnies d'électricité et le respect de l'environnement [2].

Dans ce contexte, il est intéressant pour le gestionnaire du réseau de disposer des moyens permettant de contrôler les puissances réactives, les tensions et les transits de puissance dans les lignes afin que le réseau de transport existant puisse être exploité de la manière la plus efficace et la plus sûre possible.

Jusqu'à la fin des années 1980, les seuls moyens permettant de remplir ces fonctions étaient des dispositifs électromécaniques, à savoir les transformateurs avec régleur en charge, les bobines d'inductance et les condensateurs commutés par disjoncteurs pour le maintien de la tension et la gestion du réactif. Toutefois, des problèmes d'usure ainsi que leur relative lenteur ne permet pas d'actionner ces dispositifs plus de quelques fois par jour ; ils sont par conséquent difficilement utilisables pour un contrôle continu des flux de puissance.

Une autre technique de réglage et de contrôle des puissances réactives, des tensions et des transits de puissance utilisant l'électronique de puissance a fait ses preuves.

La solution de ces problèmes passe par l'amélioration du contrôle des systèmes électriques déjà en place. Il est nécessaire de doter ces systèmes d'une certaine flexibilité leur permettant de mieux s'adapter aux nouvelles exigences.

Les éléments proposés qui permettent ce contrôle amélioré des systèmes sont les dispositifs FACTS « *Flexible Alternating Current Transmission System* ». Les dispositifs FACTS font en général appel à de l'électronique de puissance, des microprocesseurs, de l'automatique, des télécommunications et des logiciels pour parvenir à contrôler les systèmes de puissance. Ce sont des éléments de réponse rapide. Ils donnent en principe un contrôle plus souple de l'écoulement de puissance. Ils donnent aussi la possibilité de charger les lignes de transit à des valeurs près de leur limite thermique, et augmentent la capacité de transférer de la puissance d'une région à une autre. Ils limitent aussi les effets des défauts et des défaillances de l'équipement, et stabilisent le comportement du réseau [3].

Le compensateur statique SVC est un dispositif qui sert à maintenir la tension en régime permanent et en régime transitoire à l'intérieur de limites désirées. Le SVC injecte ou absorbe de la puissance réactive dans le nœud où il est branché de manière à satisfaire la demande de puissance réactive de la charge .

Le sujet de ce travail concerne, en particulier, le contrôle des puissances réactives et des tensions dans un réseau de transport d'énergie électrique au moyen de dispositifs SVC. ce travail est organisé en 03 chapitres:

Dans le premier chapitre, nous décrivons d'une façon générale la Puissance réactive et la qualité de tension dans les réseaux électriques. Ainsi que les différentes techniques de contrôle des tensions/puissances réactives et une description des moyens de compensation. Le second chapitre , une présentation générale du compensation de puissance réactive par des différents types de FACTS est proposée et les principaux dispositifs de chaque famille et l'application du contrôleur SVC dans l'écoulement de puissance et on présente les éléments qui constituent ce dispositif. Le troisième chapitre; on a exposé en détails les résultats de Programme développé sous l' environnement MATLAB(une application du SVC dans les réseaux électriques).

Chapitre I

Généralités sur la puissance réactive et la tension dans les réseaux électriques

Chapitre I

Généralités sur la puissance réactive et la tension dans les réseaux électriques

I.1. Introduction :

l'exploitation des grands réseaux électriques est de plus en plus complexe du fait de l'augmentation de leur taille, de la présence de lignes d'interconnexion de grande longueur, de l'adoption de nouvelles techniques, de contraintes économiques, politiques et écologiques. Ces facteurs obligent les opérateurs à exploiter ces réseaux près de la limite de stabilité et de sécurité. Les situations de pays à forte croissance de consommation accroissent encore les risques d'apparition du phénomène d'instabilité [1].

La gestion du réseau électrique ne consiste pas seulement à faire en sorte que les transits soient inférieurs aux capacités de transport de chaque ouvrage du réseau. Il faut également surveiller plusieurs paramètres techniques, dont la puissance réactive et le niveau de tension. La tension électrique doit rester dans une plage autorisée en tout point du réseau, dans toutes les situations de production et de consommation prévisibles. En effet, la tension peut localement être dégradée, par exemple les jours de forte consommation, dans ce cas, les transits à travers les lignes du réseau sont importants, ce qui provoque une chute de tension dans ces lignes.

Comme tout générateur d'énergie électrique, un réseau de puissance fournit de l'énergie aux appareils utilisateurs par l'intermédiaire des tensions qu'il maintient à leurs bornes. Il est évident que la qualité et la continuité de la tension est devenue un sujet stratégique pour plusieurs raisons concernant l'exploitation des réseaux électriques [2].

I.2. La tension:

I.2.1. La qualité de la tension :

La qualité d'énergie ou de la tension est le concept d'efficacité de classer les équipements sensibles d'une manière qui convient à l'opération de l'équipement. Pour rappel, la tension possède quatre caractéristiques principales :

- ❖ Fréquence.
- ❖ Amplitude.
- ❖ Forme d'onde.
- ❖ Symétrie. [2].

Pour le réseau synchrone algérien, la valeur moyenne de la fréquence fondamentale, mesurée, doit se trouver dans l'intervalle de 50 Hz ± 1 %.

Le maintien de ce niveau de qualité est la responsabilité commune de tous les gestionnaires de réseaux concernés (zones de réglage), qui doivent participer aux réglages primaire et secondaire de la fréquence.

Le gestionnaire de réseau doit maintenir l'amplitude de la tension dans un intervalle de l'ordre de 10 % autour de sa valeur nominale. Cependant, même avec une régulation parfaite, plusieurs types de perturbations peuvent dégrader la qualité de la tension :

- ❖ les creux de tension et coupures brèves.
- ❖ les variations rapides de tension (flicker).
- ❖ les surtensions temporaires ou transitoires.

Les deux premières catégories posent les problèmes les plus fréquents (plus grande difficulté de s'en protéger) .

I .2.2. Dégradation de la qualité de la tension :

Les perturbations dégradant la qualité de la tension peuvent résulter de :

✓ *Défauts dans le réseau électrique ou dans les installations des clients :*

1. court-circuit dans un poste, une ligne aérienne, un câble souterrain, etc.
2. causes atmosphériques (foudre, givre, tempête...).
3. matérielles (vieillessement d'isolants...).
4. humaines (fausses manœuvres, travaux de tiers...).

✓ *Installations perturbatrices :*

1. fours à arc.
2. Soudeuses.
3. variateurs de vitesse.
4. toutes applications de l'électronique de puissance, téléviseurs, éclairage fluorescent,
5. démarrage ou commutation d'appareils, etc....

Les principaux phénomènes pouvant affecter la qualité de la tension - lorsque celle-ci est présente - sont brièvement décrits ci-après.

I .2.3 Variation ou fluctuation de la fréquence:

Les fluctuations de fréquence sont observées le plus souvent sur des réseaux non interconnectés ou des réseaux sur groupe électrogène. Dans des conditions normales d'exploitation, la valeur moyenne de la fréquence fondamentale doit être comprise dans l'intervalle 50 Hz ± 1 % comme illustré sur la figure (1.1).

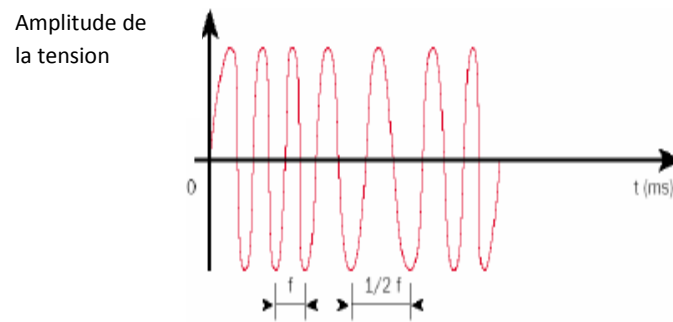


Figure I.1: Exemple de fluctuation de la fréquence

I. 2.4. Composante lente des variations de tension :

La valeur efficace de la tension varie continuellement, en raison de modifications des charges alimentées par le réseau. Les gestionnaires de réseau conçoivent et exploitent le système de manière telle que l'enveloppe des variations reste confinée dans les limites contractuelles. On parle de "variations lentes" bien qu'il s'agisse en réalité d'une succession de variations rapides dont les amplitudes sont très petites.

Les appareils usuels peuvent supporter sans inconvénient des variations lentes de tension dans une plage d'au moins $\pm 10\%$ de la tension nominale.[2.3]

I.2.5. Fluctuation de tension (flicker) :

Des variations rapides de tension, répétitives ou aléatoires (figure 1.2), sont provoquées par des variations rapides de puissance absorbée ou produite par des installations telles que les soudeuses, fours à arc, éoliennes, etc.

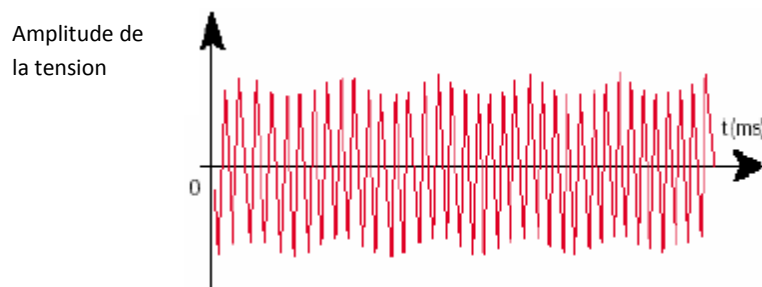


Figure I.2: Exemple de variations rapide de la tension

Ces fluctuations de tension peuvent provoquer un papillotement de l'éclairage (flicker), gênant pour la clientèle, même si les variations individuelles ne dépassent pas quelques dixièmes de pour-cent. Les autres applications de l'électricité ne sont normalement

pas affectées par ces phénomènes, tant que l'amplitude des variations reste inférieure à quelque 10 %.[2.4].

I .2.6. Creux de tension:

Les creux de tension sont produits par des courts-circuits survenant dans le réseau général ou dans les installations de la clientèle (figure 1.3). Seules les chutes de tension supérieures à 10 % sont considérées ici (les amplitudes inférieures rentrent dans la catégorie des "fluctuations de tension"). Leur durée peut aller de 10 ms à plusieurs secondes, en fonction de la localisation du court-circuit et du fonctionnement des organes de protection (les défauts sont normalement éliminés en 0.1 - 0.2 s en HT, 0.2 s à quelques secondes en MT)[5].

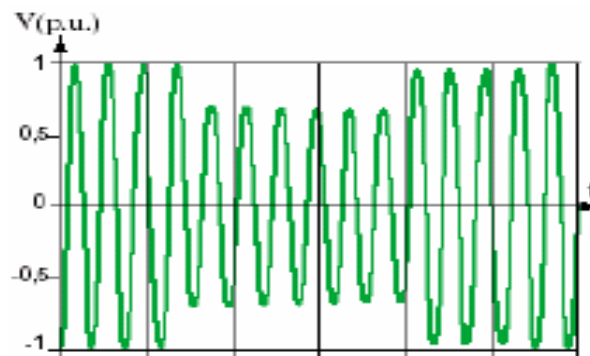


Figure I.3: Creux de tension

Ils sont caractérisés par leurs: amplitude et durée et peuvent être monophasés ou triphasés selon le nombre de phases concerné. Les creux de tension peuvent provoquer le déclenchement d'équipements, lorsque leur profondeur et leur durée excèdent certaines limites (dépendant de la sensibilité particulière des charges). Les conséquences peuvent être extrêmement coûteuses (temps de redémarrage se chiffrant en heures, voire en jours ; pertes de données informatiques ; dégâts aux produits ...)

I .2.7. Chutes de tension :

Lorsque le transit dans une ligne électrique est assez important, la circulation du courant dans la ligne provoque une chute de la tension. La tension est alors plus basse en bout de ligne qu'en son origine, et plus la ligne est chargée en transit de puissance, plus la chute de tension sera importante. Un réseau dans lequel la consommation est éloignée de la production, présentera un profil de tension différent de celui d'un réseau dans lequel production et consommation sont uniformément réparties. Chaque centrale impose la tension à sa sortie, et la tension évolue dans le réseau en fonction de la consommation alimentée. C'est pourquoi dans les réseaux maillés THT, la tension est différente suivant l'endroit où l'on se trouve. A la

pointe de consommation, la tension est forte aux nœuds du réseau où les centrales débitent, et relativement basse aux points de consommation éloignés des centrales.

I. 3. La Puissance Réactive :

Les réseaux électriques à courant alternatif fournissent l'énergie apparente qui correspond à la puissance (ou puissance appelée). Cette énergie se décompose en deux formes d'énergie:

- L'énergie active: transformée en énergie mécanique (travail) et en chaleur (pertes).
- L'énergie réactive: utilisée pour créer des champs magnétiques.

Les consommateurs de puissance réactive sont les moteurs asynchrones, les transformateurs, les inductances (ballasts de tubes fluorescents) et les convertisseurs statiques (redresseurs).

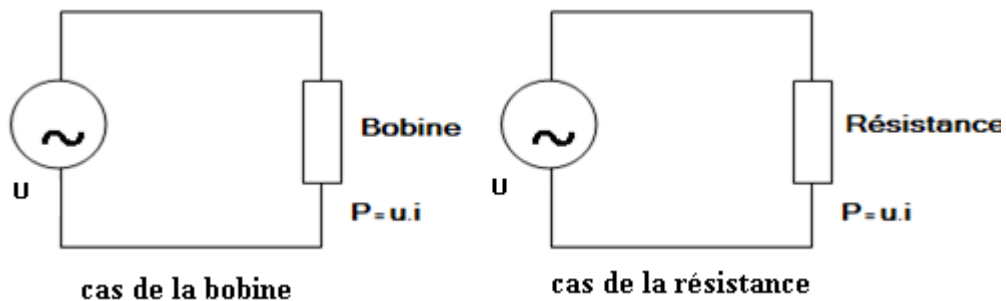


Figure I.4: Principe de la puissance active et réactive

I.3.1. Importance de la puissance réactive:

L'énergie réactive est un facteur très important qui influe sur la stabilité et l'équilibre du réseau électrique, ainsi que son fonctionnement. Les effets secondaires de ce facteur ce résume dans les points suivants: [6]

- a) La chute de tension dans les lignes et les postes de transformation.
- b) Les pertes supplémentaires actives dans les lignes, les transformateurs et les générateurs.
- c) Les variations de tension du réseau sont étroitement liées à la fluctuation de la puissance réactive dans le système de production.

I.3.2. Le facteur de puissance:

C'est le quotient de la puissance active consommée et de la puissance apparente fournie.

$$F = \frac{P(W)}{S(VA)} = \cos \varphi \quad (I-01)$$

Le $\cos \varphi$ est le facteur de puissance qui est fondamental et ne prend pas en compte la puissance véhiculée par les harmoniques.

- Un facteur de puissance proche de 1 indique une faible consommation d'énergie réactive et optimise le fonctionnement d'une installation. Il permet d'identifier facilement les appareils plus ou moins consommateur de puissance réactive.
- Un facteur de puissance égale à 1 ne conduira à aucune consommation de la puissance réactive (résistive pure).
- Un facteur de puissance inférieur à 1 conduira à consommation de la puissance réactive d'autant plus importante qu'il se rapproche de 0 (inductive pure).

Dans une installation électrique, le facteur de puissance pourra être différent d'un atelier à un autre, selon les appareils installés et la manière dont ils sont utilisés (fonctionnement à vide, pleine charge...).

I.3.3. Les représentations graphiques:

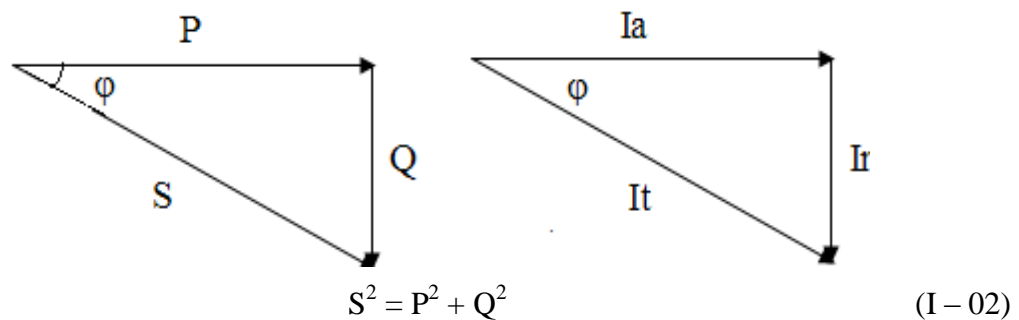


Figure I.5: représentations graphiques

I.3.4. La tangente:

Certains facteurs d'électricité (abonnés tarif vert) indiquent la valeur de $\text{tg } \varphi$ qui correspond à l'énergie réactive que le distributeur doit fournir une puissance active donnée.

$$\text{tg } \varphi = \frac{\text{énergie réactive}}{\text{énergie active}} = \frac{Q(\text{VAR})}{P(\text{W})} \quad (\text{I} - 03)$$

I.3.5. Bilan de la puissance réactive:

L'expression suivante nous donne le bilan énergétique :

$$\sum_{i=1}^n Qi(t) = \sum_{i=1}^n Qgi(t) + \sum_{i=1}^n Qsi(t) - \sum_{j=1}^m \Delta Qj(t) \quad (\text{I} - 04)$$

Avec :

N : le nombre des nœuds du réseau

M : le nombre des éléments du réseau

$Qi(t)$: la puissance réactive consommée au nœud « i »

$Qgi(t)$: la puissance réactive produite par les générateurs de nœud « i »

$Qsi(t)$: la puissance réactive générée par les sources reliées au nœud « i »

$\Delta Qj(t)$: Les puissance réactive consommée dans l'élément « j » du réseau

a) Chute de tension sur une ligne:

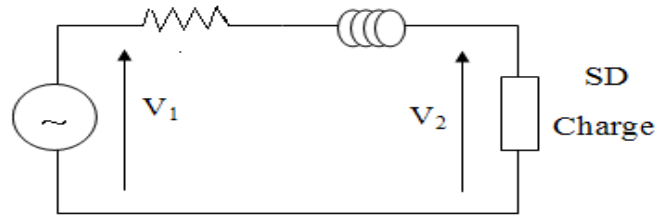


Figure I.6: Circuit équivalent du réseau électrique.

Afin d'illustrer les relations entre la puissance réactive et la chute de tension, considérons le circuit équivalent ci-dessous. La chute de tension due au courant I dans l'impédance.

$$Z = R + j X \text{ est } \Delta V = ZI = V_1 - V_2 \quad (\text{I-05})$$

Si nous traçons le diagramme vectoriel de ce circuit.

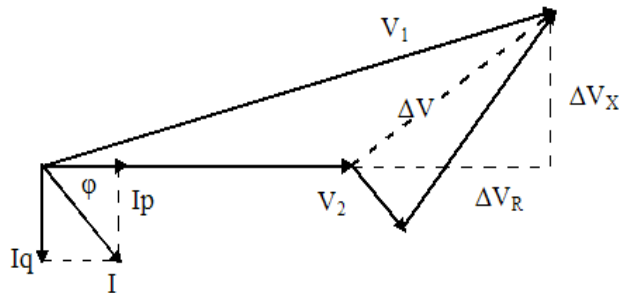


Figure I.7: Diagramme vectoriel associé au circuit précédent.

V2 étant pris comme référence

$$S_D = V_2 * I = P_D + j Q_D \quad (\text{I-06})$$

$$I = (P_D - j Q_D) / V_2 \quad (\text{I-07})$$

$$\Delta V = ZI = (R + j X) (P_D - j Q_D) / V_2 \quad (\text{I-08})$$

$$\Delta V = (R \cdot P_D + X \cdot Q_D) / V_2 + j (X \cdot P_D - R \cdot Q_D) / V_2 \quad (\text{I-09})$$

$$\Delta V = \Delta V_R + j \Delta V_X \quad (\text{I-10})$$

C'est-à-dire que la chute de tension a une composante ΔV_R en phase avec V_2 et une composante ΔV_X en quadrature avec V_2 .

Il est clair que la chute de tension dépend simultanément de la puissance active et réactive de la charge.

Comme $\Delta V = V_1 - V_2$ donc $V_1 = V_2 + \Delta V$ et en considérant de V_1 .

$$|V_1|^2 = (V_2 + \Delta V_R)^2 + (\Delta V_X)^2 \quad (\text{I-11})$$

$$|V_1|^2 = \left(V_2 + \frac{R P_D + X Q_D}{V_2} \right)^2 + \left(\frac{X P_D - R Q_D}{V_2} \right)^2 \quad (\text{I-12})$$

Comme $\Delta V_X < (V_2 + \Delta V_R)$ on peut approximer

$$|V_1|^2 = \left(V_2 + \frac{RP_D + XQ_D}{V_2} \right)^2 \quad (\text{I-13})$$

$$V_1 - V_2 = \left(\frac{RP_D + XQ_D}{V_2} \right) \quad (\text{I-14})$$

Puisque la réactance X est le paramètre prédominant dans l'impédance du réseau c'est-à-dire $R \ll X$, on peut écrire que :

$$\Delta V = V_1 - V_2 \approx \frac{XQ_D}{V_2} \quad (\text{I-15})$$

Donc la cause de la chute de tension à travers une impédance est due principalement au courant réactif passant dans cette impédance, ou en d'autres termes elle est due à la variation de la puissance réactive.

I.3.6. La Compensation de la puissance réactive:

Le bilan global de la puissance réactive produite et consommée dans l'ensemble du système électrique doit être équilibré. Toutefois, l'équilibre local n'est pas naturel. Il en résulte des transits de la puissance réactive. Or, ces transits provoquent des chutes de tension et des pertes. Il faut, donc, éviter ces transits par la production de la puissance réactive, autant que possible, à l'endroit où elle est consommée.

Les variations de tension du réseau sont étroitement liées aux fluctuations de la puissance réactive dans le système de production et de transport. Ceci tient au fait que la puissance réactive intervient de manière importante dans l'expression de la chute de tension. L'analyse des variations de la demande de la puissance réactive montre que le problème de l'adaptation offre-demande présente deux aspects qui nécessitent l'emploi de dispositifs aux caractéristiques très différentes :

- le premier consiste à suivre les fluctuations périodiques. Celles-ci sont connues, tout au moins pour les charges dans une large mesure prévisible. Une grande part de l'ajustement peut donc être réalisée à l'aide de moyens dont l'action est discontinue et le temps de réponse relativement long. Cette catégorie comprend les batteries de condensateurs et les inductances installées sur les réseaux.
- le second consiste à faire face aux variations brusques et aléatoires. Ceci nécessite la mise en oeuvre de moyens dont le temps de réponse est très court. Cette catégorie comprend les groupes de production ainsi que les compensateurs synchrones et les compensateurs statiques [7].

I.3.6.1. Les dispositifs conventionnels:

Le réseau en lui-même est une source non négligeable de puissance réactive. Ainsi, en dehors de la production de l'énergie réactive par les générateurs, le réseau doit faire appel à

d'autres sources ou plutôt d'autres moyens de compensation, qui finalement sont au moins aussi souvent consommateurs que fournisseurs d'énergie réactive.

I .3.6.2. Les groupes de production (générateurs):

Les groupes de production sont bien situés pour satisfaire les besoins en énergie réactive. D'autant plus, leurs performances dynamiques leur permettent de faire face aux fluctuations brusques de la demande. En revanche, ils ne peuvent compenser que partiellement les charges réactives, en raison des chutes de tension importantes que créent les transits d'énergie réactive sur les réseaux.

I .3.6.3. Les condensateurs:

Ils ont pour rôle de fournir une partie de l'énergie réactive consommée par les charges dans le réseau. On distingue deux types :

- a) Des batteries de condensateurs HT, raccordées aux jeux de barres HT des postes THT/HT. Elles sont essentiellement destinées à compenser les pertes réactives sur les réseaux HT et THT.
- b) Des batteries de condensateurs MT, raccordées aux jeux de barres MT des postes HT/MT ou THT/MT. Ces batteries servent à compenser l'appel global de l'énergie réactive des réseaux de distribution aux réseaux de transport. Elles sont localisées et dimensionnées individuellement en fonction du réglage de tension.

I .3.6.4. Les inductances:

Elles sont utilisées pour compenser l'énergie réactive fournie en heures creuses par les lignes à très haute tension ou par les câbles. Elles sont soit directement raccordées au réseau, soit branchées sur les tertiaires des transformateurs. Par conséquent, elles permettent une limitation des surtensions dans le réseau.

I .3.6.5. Les compensateurs synchrones:

Les compensateurs synchrones sont des machines tournantes qui ne fournissent aucune puissance active, mais qui peuvent, suivant qu'elles soient sous ou surexcitées, fournir ou absorber de la puissance réactive.

I .3.6.6. Les compensateurs statiques:

Ils sont constitués par l'ensemble de condensateurs et d'inductances commandées par thyristors, montés en tête-bêche dans chaque phase. Chacun d'entre eux étant ainsi conducteur pendant une demi-période. La puissance réactive absorbée par l'inductance varie en contrôlant la valeur efficace du courant qui la traverse par action sur l'angle d'amorçage des thyristors. [7].

Tableau I.1. Quelques dispositifs de contrôle utilisés dans le problème tension/puissance réactive.

Contrôles par génération de la puissance réactive					
	Ajustable en Continu	Capacitive	Inductive	Réponse rapide	Control local
Générateurs synchrones	Oui	Oui	Oui	Oui, dépend du système d'excitation	Oui
Condensateurs synchrones	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Batteries de condensateurs	Non, plusieurs gradins. (discret)	Oui	Non	Dépend de l'automatisation	Oui
Réactances	Non, (discret) Généralement une ou deux unités par ligne	Non	Oui	Dépend de l'automatisation	-

I. 4. Conclusion:

Le contrôle de la tension/puissance réactive a pour objectif de maintenir un profil adéquat dans le réseau de transport d'énergie électrique. En plus, il doit maintenir des réserves de puissance réactive dans les différentes zones du système pour faire face aux incidents de tension. On doit tenir en compte que les problèmes de tension doivent être corrigés localement étant donné, que la majorité des moyens qu'on peut prendre pour résoudre ces problèmes ont une étendue fondamentalement locale.

Chapitre II

Etude Des Dispositifs FACTS

Chapitre II

Etude des Dispositifs FACTS

II.1. Introduction :

La dérégulation du marché de l'électricité, qui concerne progressivement tous les pays, modifie profondément l'approche technico-économique dans l'exploitation et l'optimisation des réseaux électriques.

C'est dans ce nouveau contexte que les spécialistes des réseaux électriques se voient de plus en plus confrontés à de nombreux défis. Le développement des dispositifs FACTS (*Flexible AC Transmission System*) ouvre de nouvelles perspectives pour une meilleure exploitation des réseaux par leur action continue et rapide sur les différents paramètres du réseau.

II.2 Dispositifs FACTS:

Selon l'IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), la définition du terme FACTS est la suivante: Systèmes de Transmission en Courant Alternatif comprenant des dispositifs basés sur l'électronique de puissance et d'autres dispositifs statique utilisés pour accroître la contrôlabilité et augmenter la capacité de transfert de puissance du réseau.

Avec leurs aptitudes à modifier les caractéristiques apparentes des lignes, les FACTS sont capables d'accroître la capacité du réseau dans son ensemble en contrôlant les transits de puissances. Les dispositifs FACTS ne remplacent pas la construction de nouvelles lignes. Ils sont un moyen de différer les investissements en permettant une utilisation plus efficace du réseau existant.

II.3 L'importance des dispositifs FACTS :

Les dispositifs FACTS, peuvent aider à s'affranchir de ces contraintes, C'est une alternative très favorable du point de vue technique, économique et environnement. Les dispositifs FACTS sont insérés dans un réseau pour satisfaire plusieurs besoins tels que :

- Améliorer le contrôle de la tension et la stabilité du réseau.
- Réduire des pertes actives totales.
- Compenser l'énergie réactive.
- Amortir les oscillations de puissance.
- Augmenter la capacité de transport de la puissance active.

- Maîtriser la répartition et les transits des puissances.
- Améliorer des oscillations de puissance et de tension susceptibles d'apparaître dans les réseaux à la suite d'un défaut.
- Améliorer la stabilité électromécanique des groupes de production.
- permettre un meilleur contrôle et une meilleure gestion de l'écoulement de puissance.
- augmenter la capacité de transmission de puissance des lignes en s'approchant des limites thermiques de celle-ci.

II.3.1 Classification des dispositifs FACTS:

Depuis les premiers compensateurs, trois générations de dispositifs FACTS ont vu le jour. Elles se distinguent par la technologie des semi-conducteurs et des éléments de puissance utilisés.

1-La première génération : est basée sur les thyristors classiques. Ceux-ci sont généralement utilisés pour enclencher ou déclencher les composants afin de fournir ou absorber de la puissance réactive dans les transformateurs de réglage.

2- La deuxième génération : dite avancée, est née avec l'avènement des semi-conducteurs de puissance commandables à la fermeture et à l'ouverture, comme le thyristor GTO. Ces éléments sont assemblés pour former les convertisseurs de tension ou de courant afin d'injecter des tensions contrôlables dans le réseau.

3-Une troisième génération : de FACTS utilisant des composants hybrides et qui est adaptée à chaque cas. Contrairement aux deux premières générations, celle-ci n'utilise pas de dispositifs auxiliaires encombrants tels que des transformateurs pour le couplage avec le réseau.

II.3.2 Compensateurs shunts:

Les compensateurs shunts injectent du courant au réseau via le point de leur raccordement. Leur principe est basé sur une impédance variable est connectée en parallèle sur un réseau, qui consomme (ou injecte) un courant variable. Cette injection de courant modifie les puissances actives et réactives qui transitent dans la ligne. Les compensateurs shunts les plus utilisés sont les SVC et les STATCOM. [8, 1].

II.3.3 Compensation série:

Des condensateurs série ont été utilisés avec succès pendant de nombreuses années pour améliorer la stabilité et les aptitudes de charge de réseaux de transport haute tension. Ils travaillent par l'insertion de tension capacitive pour compenser la chute de tension inductive

sur les lignes, c'est-à-dire qu'ils réduisent la réactance effective des lignes de transport.

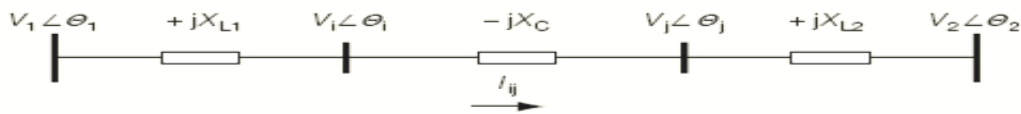


Figure II.1: Principe de la compensation série

II.3.4 Compensateurs hybrides série – parallèle:

II.3.4.1 UPFC (Contrôleur universelle de l'écoulement de puissance) :

Le contrôleur unifié d'écoulement de puissance (UPFC) est un dispositif FACTS qui combine à la fois les avantages de contrôle de la compensation série et shunt, par son ajustement simultané ou séparé des paramètres clés du réseau électrique.

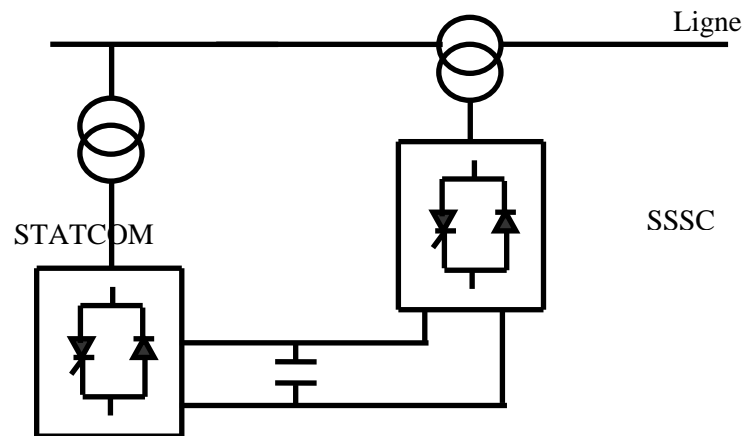


Figure II.2 : Compensateur Unifier UPFC (Unified power flow Controller)

Le contrôleur de transit de puissance unifié UPFC (*Unified Power Flow Controller*) est constitué de deux convertisseurs de commutation exploités avec une liaison CC commune.

II-4- Les avantages de la technologie des dispositifs FACTS:

- Contrôle le transit de la puissance active.
- Augmente la sécurité des systèmes énergétiques (augmentation de la limite de la stabilité transitoire, amortissement des oscillations ...)
- Réduit le transit de l'énergie réactive.
- Optimise les puissances générées, donc réduit le coût de production de l'énergie.
- Améliorée l'interconnexion et l'échange énergétique

II-5- Etude d'un Compensateur shunt:SVC

II-5 -1- Caractéristique d'un compensateur statique:

II-5-1-1- Caractéristique en V d'un compensateur statique:

Ajustons l'angle α des thyristors commandant la branche inductive à 90^0 , de façon à obtenir la pleine conduction. Le courant est alors à sa valeur maximal, la droite L//C (figure (II.1)) montre la relation entre la tension U et le courant I_{SVC} .

$$I_{SVC} = \frac{U}{X_L // X_C} \tag{II - 01}$$

$$Q = \frac{U^2}{X_L} - \frac{U^2}{X_C} \tag{II - 02}$$

Lorsque l'inductance est débranchée alors l'angle des thyristors est 180^0 et que le condensateur est en service, le courant total par phase sous une tension U est égale $\frac{U}{X_C}$

La coutume est d'apposer un signe (-) à ce courant capacitif pour le distinguer du courant inductif. La relation entre le courant et la tension est alors une nouvelle droite, désignée C (figure (II.3)).

$$I_{SVC} = \frac{U}{X_C} \tag{II - 03}$$

$$Q = -\frac{U^2}{X_C} \tag{II - 04}$$

Les droites L//C et C forment ensemble une « courbe en V » qui correspond aux limites inductive et capacitive du compensateur statique

Cette figure pour : $X_C = 2 * X_L$

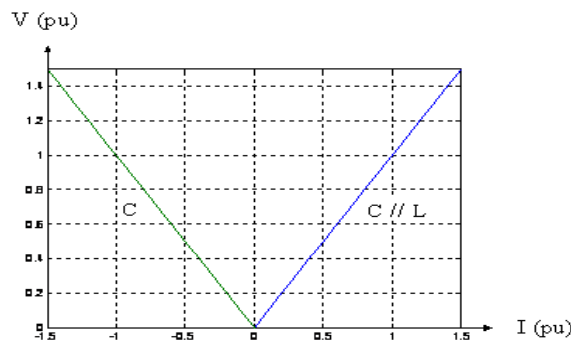


Figure II.3 : la caractéristique en V d'un SVC

D'après cette courbe, on a un courant capacitif lorsque le condensateur est en service et l'inductance est débranchée donc le montage génère une puissance réactive et cette puissance est en fonction de la capacité du condensateur et de la tension. Lorsque les deux sont en service le montage génère ou consomme une puissance réactive.

II-5 -2- Système de contrôle d'un SVC:

Dans le cas pratique le SVC est caractérisé par une large variation de Q capacitive qui peut être assurée par des banques de condensateur contrôlées par des interrupteurs statiques. En générale les éléments du SVC opérant principalement comme des susceptance ajustables bien quelles soient inductive ou capacitive.

Alors le système de contrôle est étudié comme deux systèmes séparés; un pour le contrôle de la bobine (TCR) et l'autre pour contrôle des condensateurs (TSC).

II-5-3. Les équations de SVC : [9]

Les modèles de SVC les plus courants sont des modèles statiques, car conçus pour des logiciels de répartition de charges. Lesquels sont destinés à des études statiques de réseau. Ils sont constitués d'éléments de réseaux : réactances, susceptance, nœuds, etc...

Le modèle statique est constitué d'une susceptance B_e reliée entre le nœud de charge et le potentiel nul. La susceptance est définie comme la partie imaginaire de l'admittance.

Les équations qui décrivent le comportement du SVC dans le réseau sont :

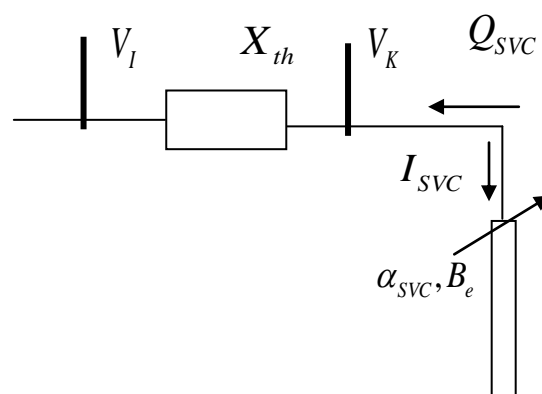


Figure II.4: Schéma simplifié du SVC

$$V_I - V_{REF} + X_{SL} V_K B_e = 0 \tag{II- 05}$$

$$Q_{SVC} - V_K^2 B_e = 0 \tag{II-06}$$

$$\pi X_C X_L B_e + \sin 2\alpha + \pi \left(2 - \frac{X_L}{X_C} \right) = 0 \tag{II- 07}$$

: est la tension du réseau où est connecté le SVC. V_K

: ce la susceptance. B_e

: est la tension de référence dans le SVC V_{ref}

: est le courant dans le SVC. I_{svc}

On définit B_e c'est la susceptance de SVC : $B_e = \frac{1}{X_e}$

$$B_e = \frac{\sin(2\alpha) - 2\alpha + \pi \left(2 - \frac{X_L}{X_C} \right)}{\pi X_L} \tag{II. 08}$$

$$X_e = \frac{\pi X_L}{\sin(2\alpha) - 2\alpha + \pi \left(2 - \frac{X_L}{X_C} \right)} \tag{II. 09}$$

Avec α représente la variation de l'angle d'amorçage des thyristors : α compris entre $[90^0 \text{ et } 180^0]$

la figure(II-5) représente Organigramme de la variation de l'angle d'amorçage en fonction de la tension à régler .

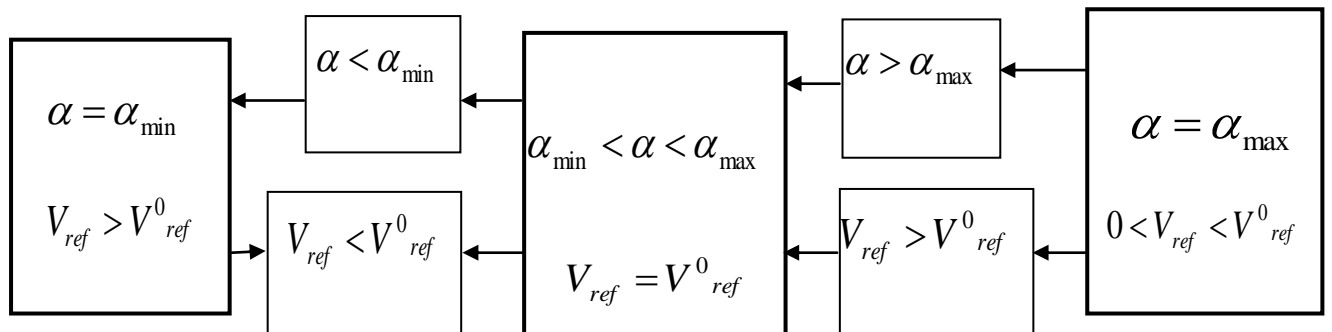


Figure II.5 : Organigramme représentant la variation de l'angle d'amorçage

en fonction du tension à régler

II -5 -4 Implantation du compensateur statique dans le problème de l'écoulement de puissance :

L'étude de l'écoulement de puissance coordonne l'exploitation de toutes les ressources d'énergie et la répartition de la production entre les différent usagers ,dont le but est d'obtenir l'exploitation la plus économique qui conduit à la meilleure utilisation de toutes les ressources ,des prévisions concernant la consommation et la production ont été faits par études approfondies , utilisant les méthodes numérique appliqués dans ce domaine.

On peut démontrer les propriétés de l'étude de l'écoulement de puissance par la discussion d'un système de n jeux de barres.

Chaque jeu de barres est alimenté d'un générateur. Les générateurs fournissent les énergies $S_{G1}, S_{G2}, \dots, S_{Gn}$, les jeux de barres. Les charges demandées sont prises de chaque jeu de barres à des quantités $S_{D1}, S_{D2}, \dots, S_{D3}$, les jeux de barres sont liés par des lignes qui sont caractérisés par Y_{bus} .

Les tensions des jeux de barres sont symbolisées par V_1, V_2, \dots, V_n

respectivement . Pour ce réseau la puissance de chaque jeu de barres est donné par :

$$P_i + jQ_i = (P_{G1} - P_{D1}) + j(Q_{G1} - Q_{D1}) \dots \dots \dots (II - 10)$$

La puissance apparente S_i injectée au jeu de barres i est donnée par l'équation

$$I_i = \frac{S_i^*}{V_i^*} = \sum_{K=1}^{K=n} Y_{i,K} V_K \Rightarrow S_i = V_i \cdot I_i^*$$

: le courant qui entre dans le jeu de barres i . I_i

$$V_i = \frac{1}{Y_{i,i}} \left(\frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} - \left(\sum_{K=1, K \neq i}^{K=n} Y_{i,K} V_K \right) \right) \dots \dots \dots (II - 11)$$

Pour le jeu de barres de contrôle :

$$Q_i = Q_{SVC} - Q_D \Rightarrow Q_{SVC} = Q_i + Q_D \dots\dots\dots(\text{..II} - 12)$$

Pour le réglage flexible de la tension au niveau des jeux de barres, on calcule la valeur de l'énergie réactive Q_i nécessaire pour ramener la tension V_i à la tension désiré V_{ref} puis on calcule la susceptance en aboutissant enfin à la valeur de l'angle α .

Cette tension varie suivant une pente de régulation du compensateur statique .

On peut donner un organigramme qui décrit les étapes de fonctionnement du SVC dans un réseau électrique.

Le système de commande est basé sur les équations du tension, susceptance et l'énergie réactive fournie par le compensateur.

Le compensateur statique SVC permet de stabiliser très rapidement la tension de réseau à la valeur de consigne. Le système de commande lit en permanence la tension mesurée au primaire du transformateur de couplage. Cette tension est comparée avec la valeur de consigne. Si la tension change à la suite d'une manœuvre ou d'une instabilité de réseau.

L'erreur est détectée par le système de commande. Celui-ci réajuste automatiquement..0. la .puissance réactive absorbée ou générée, et l'angle α de l'inductance. La susceptance du SVC vue du primaire du transformateur :

$$B_p = \frac{1}{X_T + X_e} \dots\dots\dots(\text{II} - 13)$$

Les limites de B_p sont déterminées à partir $B_{e(\min)}$ et $B_{e(\max)}$.

La tension est réglée suivant la caractéristique représentée par l'équation (II.12). [10]

II.6 Conclusion :

Nous avons présenté dans ce chapitre, une définition et une classification des divers types de contrôleurs FACTS. Cette classification est adoptée comme classification universelle des systèmes FACTS.

La plupart d'entre eux sont déjà en service dans la pratique. Si aujourd'hui les FACTS sont encore peu utilisés par rapport à leur potentiel, les évolutions techniques de l'électronique de puissance vont rendre les solutions FACTS de plus en plus compétitives face aux renforcements des réseaux.

Nous avons choisi d'étudier le SVC (*Static Var Compensator*) comme dispositifs FACTS pour contrôler et améliorer la tension et la puissance réactive dans un réseau de transport d'énergie électrique. Une étude profonde concerne la modélisation et l'application du contrôleur SVC dans l'écoulement de puissance sera détaillée dans le prochain chapitre .

Chapitre III

Application

Chapitre III Application

III-1-Description générale :

Dans tous les réseaux de transport, il est nécessaire de maintenir la tension aux différents jeux de barres dans des limites acceptables. Les systèmes de transmission flexibles en courant alternatif (FACTS) sont des moyens de contrôle rapides et flexibles capables de faciliter le transit des puissances et d'améliorer la stabilité des réseaux électriques. Le contrôleur dynamique shunt SVC est un dispositif FACTS qui permet de régler la tension et d'amortir les oscillations dues à des perturbations dans les réseaux électriques.

III -2-Application:(programmation); compensation shunt avec SCV

III -2-1-Application: réseau électrique de 9 jeux de barres :

Au départ, un simple réseau électrique de 9 jeux de barres est utilisé juste pour illustrer l'effet du dispositif de Compensation (FACTS). Ce réseau test est constitué de 6 lignes électriques , 3 générateur ,3 transformateur et 3 charges .

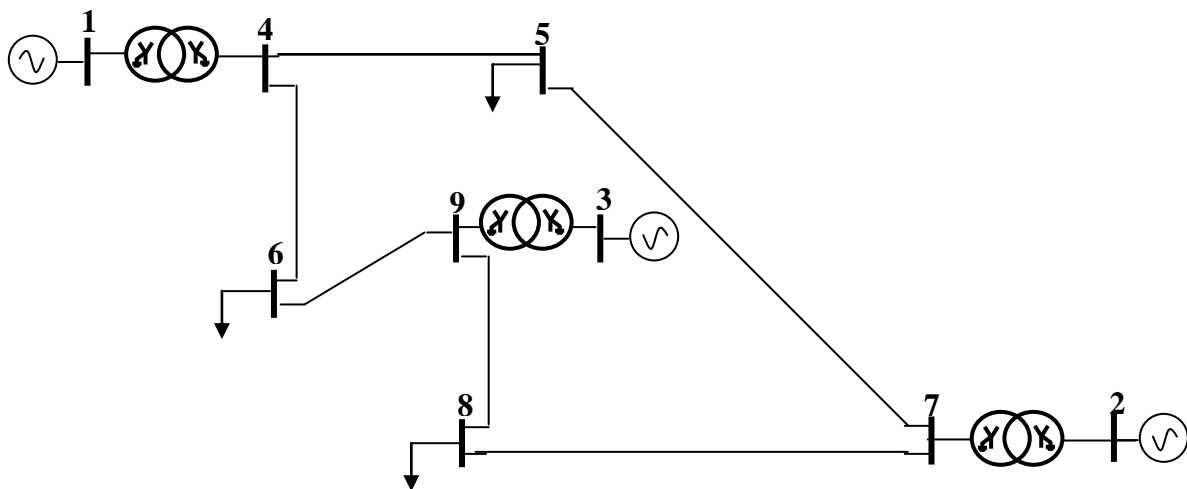
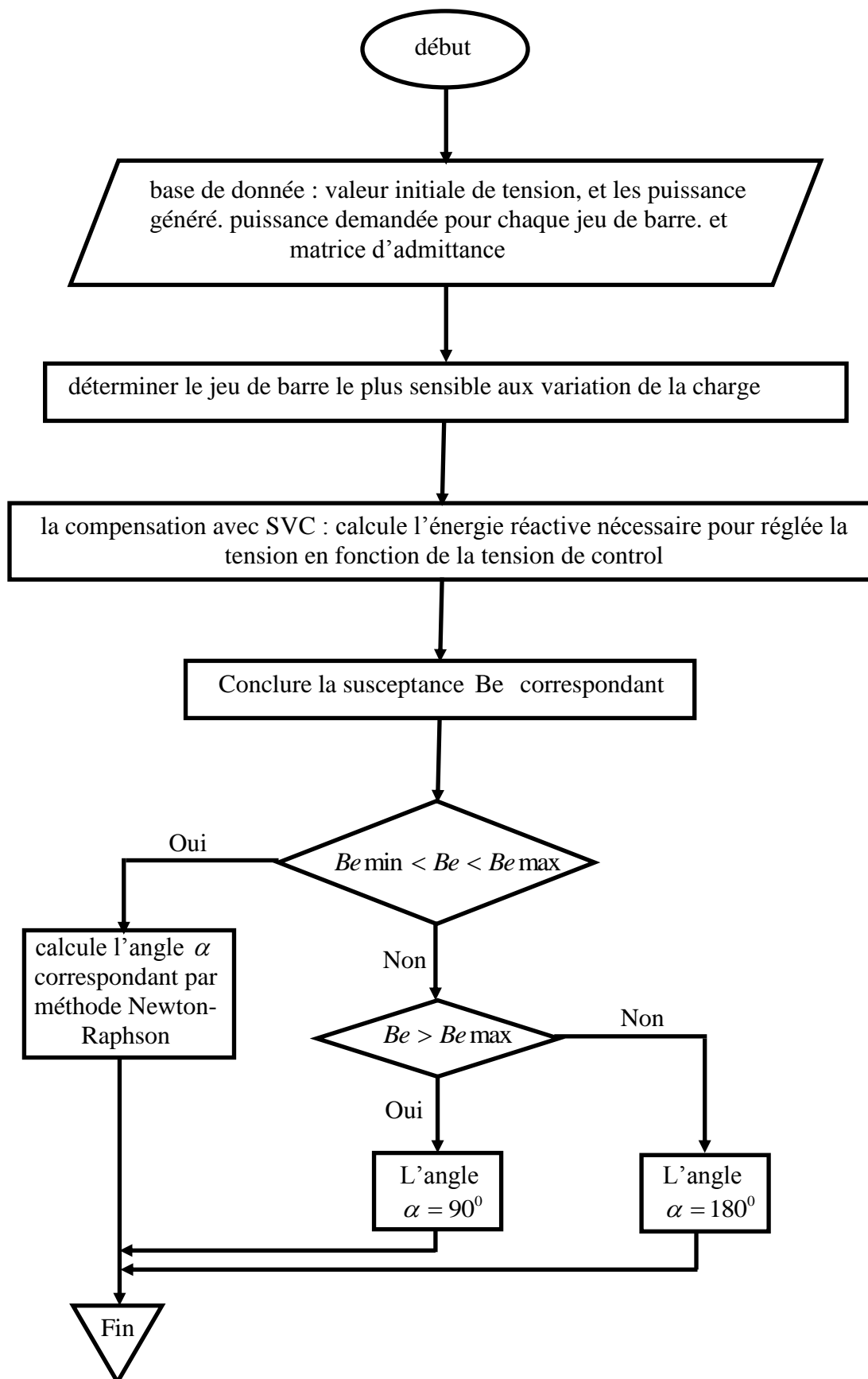


Figure III.1 : Schéma d'un réseau test de 9 jeux de barres.

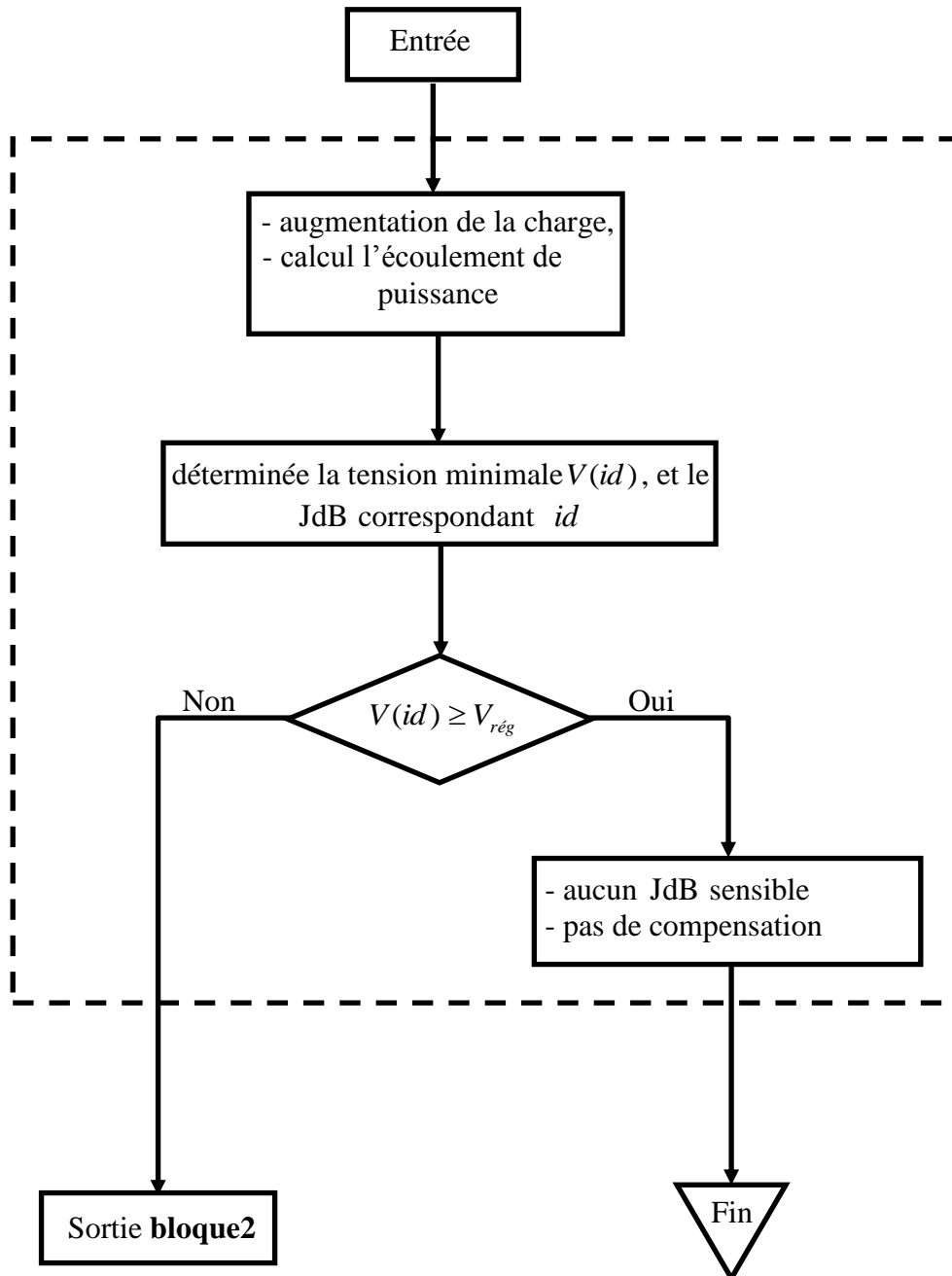
Le tableau (III .1) , la Figure(3.2) montrent les tensions au niveau des jeux de barres du réseau test trouvées sans et par l'intégration du dispositif shunt avec SCV dans la méthode de calcul de l'écoulement de puissance (méthode de GAUSS-SEIDEL). On remarque une amélioration des tensions au niveau des jeux de barres due à la présence de ce dispositif shunt. Alors que le tableau (III.2.a,b) visualise les résultats du réseau 9 bus obtenus avec et sans l' SCV, (les résultats de programmation).

III -2-2-L'organigramme globale de l'intégration de SCV est :

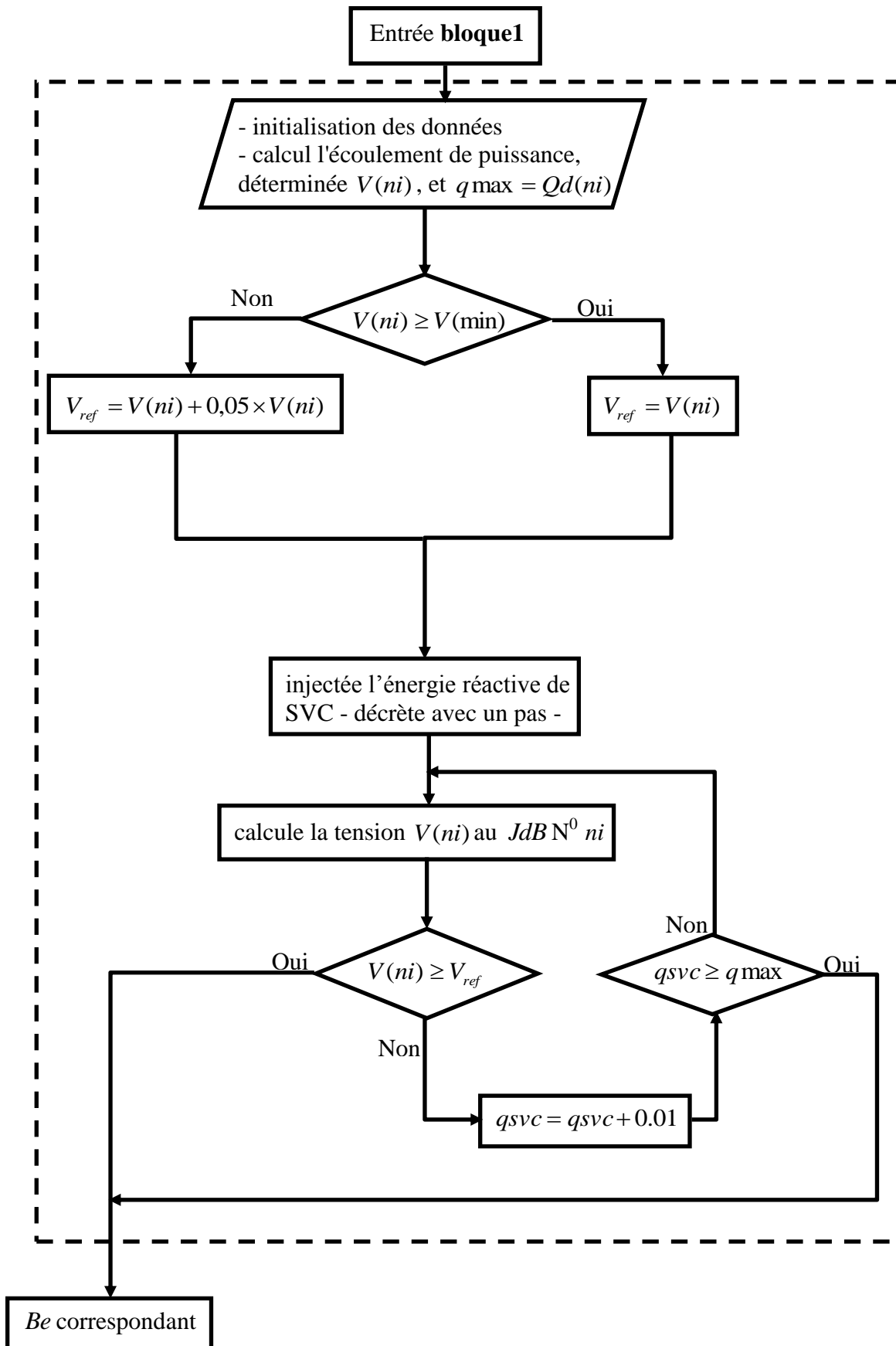


III -2-3-Organigramme détaillée :

Bloque 1 : déterminer le jeu de barre le plus sensible aux variation de la charge.



Bloque 2 : la compensation avec SVC : calcule nécessaire l'énergie réactive pour réglée la tension en fonction de la tension de control.



III -2-4-les résultats de programmation (réseau 9 jeux de barres)

a.-tableau(III -1):Résultats des tensions du réseau électrique –cas normale

- Méthode de GAUSS-SEIDEL-

<i>Bus</i>	Sans compensation	Avec compensation
	V(p.u)	V(p.u)
1	1.06	1.0600
2	1.025	1.0251
3	1.009	1.0129
4	0.998	1.0019
5	0.987	0.9871
6	0.982	0.9877
7	0.967	0.9819
8	0.970	0.9703
9	0.960	0.9874

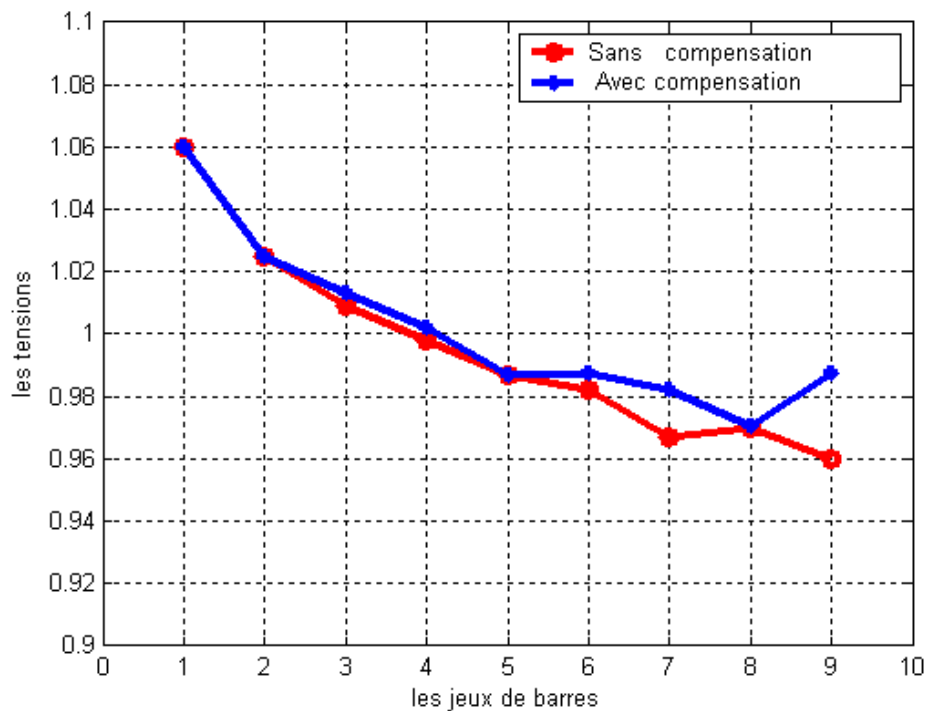


Figure III.2 :Variation de la tension – cas normale

b- tableau(III -2):Résultats des tensions du réseau électrique –cas rupture de la ligne (1-2)

Bus	Sans compensation	Avec compensation
	V(p.u)	V(p.u)
1	1.06	1.0600
2	0.890	0.8920
3	0.908	0.9130
4	0.885	0.8913
5	0.867	0.8686
6	0.872	0.8798
7	0.854	0.8732
8	0.872	0.8730
9	0.847	0.8795

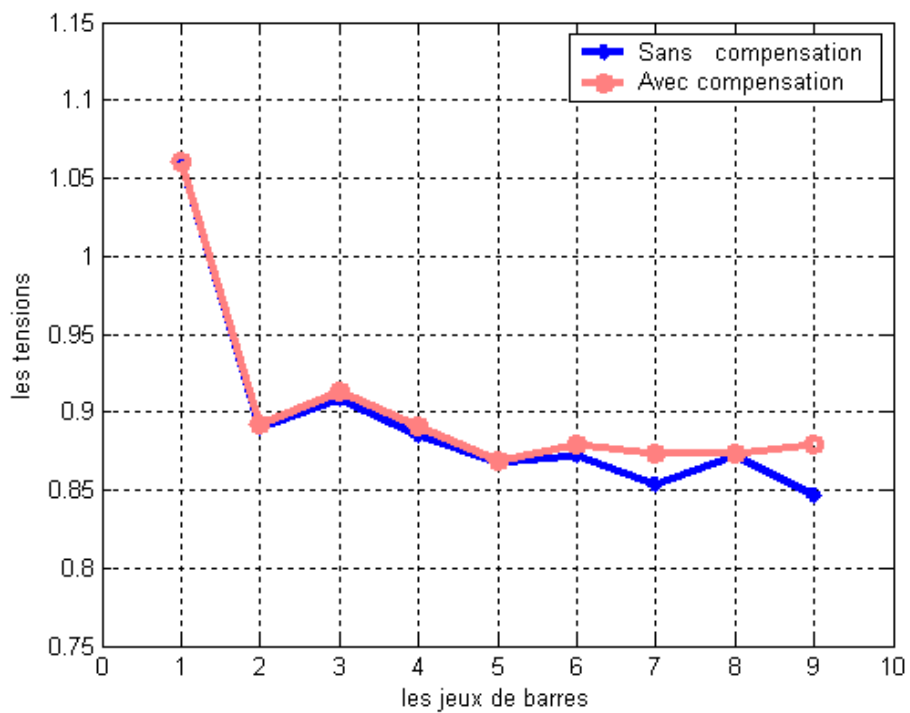


Figure III.3: Variation de la tension – cas rupture de la ligne (1-2)

c- Les résultats de programmation (Puissance générée, Pertes, Coût optimal.....) de réseau 9 jeux de barres:

- Les jeux de barres le plus sensible c'est : 9 et 7
- La puissance demandée active: 203.700 MW .
- La puissance demandée réactive: 90.400 MVAR .

c-1-(tableau III.3.a) cas sans compensation

Résultats	Sans Compensation	
	Cas normale	Cas rupture de la ligne (1-2)
Tension 9 (pu)	0.960	0.847
Tension 7 (pu)	0.967	0.854
Puissance active générée (MW)	212.452	236.595
Puissance réactive générée (MVAR)	101.046	197.649
Pertes active (MW)	9.939	33.831
Pertes réactive (MVAR)	10.770	107.498
Coût optimal (\$/h)	3132.924	3560.155
Susceptible Be J.d.B 9	//////////	//////////
Susceptible Be J.d.B 7	//////////	//////////
α J.d.B 9	//////////	//////////
α J.d.B 9	//////////	//////////
Puissance réactive injectée (SVC) (MVAR)	00	00

c-2-(tableau III.3.b)cas avec compensation

Résultats	Avec Compensation	
	Cas normale	Cas rupture de la ligne(1-2)
Tension 9 (pu)	0.9874	0.8795
Tension 7 (pu)	0.9819	0.8732
Puissance active généré (MW)	213.540	236.840
Puissance réactive généré (MVAR)	89.545	185.142
Pertes active (MW)	9.846	33.148
Pertes réactive(MVAR)	10.147	104.742
Coût optimal (\$/h)	3120.347	3542.077
Susceptible Be J.d.B 9	0.1032	0.1305
Susceptible Be J.d.B 7	0.1130	0.1430
α J.d.B 9	110.90	90
α J.d.B 9	110.87	90
Puissance réactive injectée(SVC) (MVAR)	11	10

d-1-(tableau III.4.) cas de l'augmentation de la charge avec :20 % , 100%

Résultats	Sans Compensation			Avec Compensation		
	KK=1	KK=1.2	KK=2	KK=1	KK=1.2	KK=2
Tension	0.960	0.946	0.884	0.9874	0.9793	0.9353
Puissance active généré (MW)	212.452	259.3	455.154	213.540	259.122	455.39
Puissance réactive généré (MVAR)	101.046	137.394	335.045	89.545	123.359	309.566
Pertes active (MW)	9.939	14.860	48.780	9.846	14.682	47.990
Pertes réactive (MVAR)	10.770	29.122	154.562	10.147	28.079	150.666
Susceptible Be J.d.B	//////////	//////////	//////////	0.1032	0.1261	0.1891
α J.d.B	//////////	//////////	//////////	110.90	110.83	110.65
Puissance réactive injectée (SVC) (MVAR)	00	00	00	11	13.2	21.9
Coût optimal (\$/h)	3132.924	3983.685	9297.443	3120.347	3980.086	9270.775

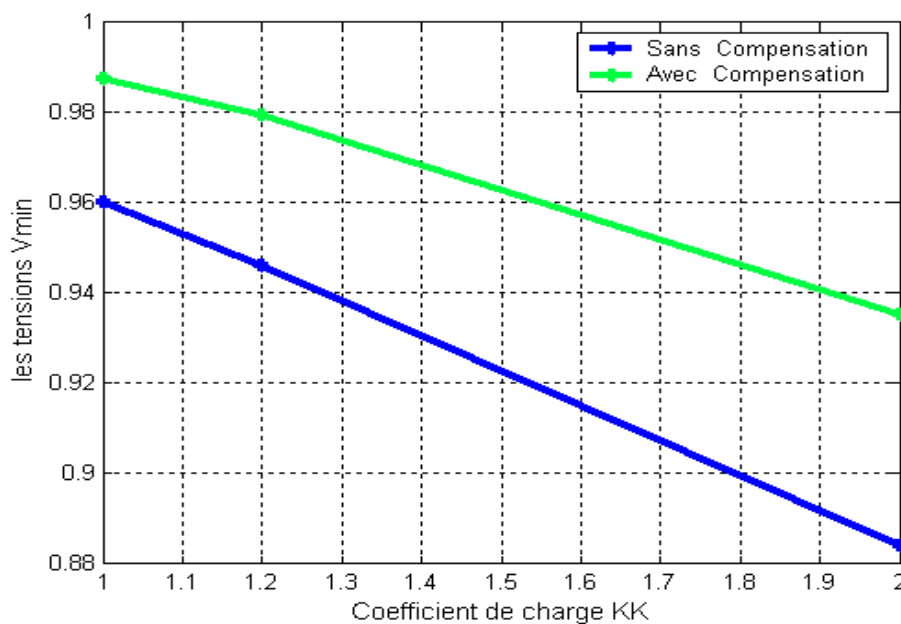


Figure III.4: Variation de la tension en fonction de l'incrémentation de la charge

III -3-Interprétation :

-D'après les résultats de programmation, le J.d.B le plus sensible si les jeux de barres 9 et 7 dans le réseau test 9 jeux de barres ,.

Donc on remarque que :

- *Pour cet situation, nous avons montrée la possibilité d'améliorée la niveau de tension en utilisant le dispositif SVC .*
- *le compensateur dynamique shunt SVC qui a été injecté dans le réseau, a influé positivement sur le réseau qu' 'on a étudié.*

-Donc il y a une amélioration sur les indices de qualité de l'énergie, en particulier la tension.

Le jeu de barre le plus sensible est le jeu de barre '9' dans le réseau test 9 jeux de barres .

Donc on remarque que :

- *la tension est améliorée.*
- *Réduction faible des pertes de l'énergie active .*
- *amélioration de cout de production*
- *le dispositif de contrôle SVC peut jouer un rôle très important dans le domaine de la compensation des puissances réactives et le contrôle des tensions des différents nœuds .*

-Les modèles de SVC les plus courants sont des modèles statiques, car conçus pour des logiciels de répartition de charges. Lesquels sont destinés à des études statiques de réseau. Ils sont constitués d'éléments de réseaux : réactances, susceptance, nœuds,etc...

Conclusion générale

Conclusion générale

Nous avons traité le problème de la répartition des puissances réactives et le contrôle des tensions des réseaux d'énergie électrique en incorporant les dispositifs SVC. Une étude sur les dispositifs FACTS à été réalisé et en plus une étude détaillée sur les dispositifs SVC (définition, modélisation, incorporation dans le load flow).

Les résultats obtenus par notre programme développé dans ce travail sous l'environnement (MATLAB), montre clairement l' avantage d'intégrer des dispositifs ,un contrôle flexible de l'énergie réactive est réalisé par un emplacement efficace du dispositif shunt (SVC).

Dans notre travail, nous avons essayé d'illustrer l'utilité, l'efficacité et la rapidité de contrôle des tensions par l'insertion du contrôleur SVC.

Les résultats obtenus montrent que le dispositif de contrôle SVC peut jouer un rôle très important dans le domaine de la compensation des puissances réactives et le contrôle des tensions des différents noeuds.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Henri Persoz, Gérard Santucci, Jean-Claude Lemoine, Paul Sapet « La planification des réseaux électriques » Editions EYROLLES 1984.
- [2] Michel Crappe « Commande et régulation des réseaux électriques » Traité EGEM série génie électrique, LAVOISIER 2003.
- [3] Hanane Kouara « Application d'un filtre actif série au contrôle de la tension d'un réseau basse tension » mémoire de magister, université de Batna 28/02/2006.
- [4] Boudjella Houari « contrôle des puissances et des tensions dans un réseau de transport au moyen de dispositifs FACTS (SVC) » mémoire de magister ,université de Sidi Bel-Abbes 23 Janvier 2008.
- [5] Jacques .C, Guillaume de Preville, Jean-Louis Sanhet « Fluctuations de tension et Flicker- Évaluation et atténuation» Techniques de l'ingénieur D4315.
- [6] Abdelaziz Chaghi « documents pédagogiques et didactiques» université de Batna 2000/2001.
- [7] Haimour Rachida« Contrôle des Puissances Réactives et des Tensions par les Dispositifs FACTS dans un Réseau Electrique» mémoire de magister, Ecole Normale Supérieure de l'Enseignement Technologique d'Oran 2008-2009.
- [8]: BOUAKAZ Hacéne, SEGGA Salim« Calcul de la répartition de charge avec compensation dans le réseau électrique » mémoire de fin d'étude; université de Biskra (promotion 1998).
- [9] Computer methods in power system analysis (chapter 08) ALLEN W.stagg, Abier, Ahmed, International Student Edition .
- [10] : Salhi Abd Alfattah et Mehellou Yuocef «Contrôle de la puissance réactive du système électrique par SVC », université Batna, 2008 .

