

17/621.923

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université 8 Mai 1945 – Guelma  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Electrotechnique et Automatique



**Domaine : Sciences et Technologie**  
**Filière : Electrotechnique**  
**Spécialité : Réseaux Electriques**

**Mémoire de fin d'études**  
**Pour l'obtention du diplôme de Master Académique**

---

---

**Ligne de grande portée : Impact et relations Limites**

---

---

Présenté par :  
**BOUROUBA Rafik**  
**BAHLOUL Samir**

Sous la direction de :  
**Pr. BOUNAYA. K**

Juin 2016

# Remerciement

Avant tous, Je remercie ALLAH le tout puissant de m'avoir donné le courage et la volonté de mener à terme ce présent travail.

Nous tenons à remercier sincèrement Pr **BOUNAYA KAMEL** qui en tant que directeur de mémoire, s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu nous consacrer et sans lui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.

De même, nous voulons remercier le chef de département de génie électrique et, tous les enseignants du département génie électrique qui ont partagé leur savoir avec nous.

Nous remercions Mmes. **TOUIBIA IMENE**, notre responsable du stage pour son aide, ses conseils et ses encouragements,

Nous remercie également tous les membres du jury d'avoir accepté d'assister à la présentation de ce travail.

Un merci tout particulier à nos familles qui nous ont soutenu et encouragée depuis toujours.

# Dédicace

*Je dédie ce mémoire à :*

*• Mes parents :*

*Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.*

*Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.*

*Mes frères et sœurs qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.*

*À tous ceux et toutes celles qui m'ont accompagné et soutenu durant ces années de formation*

# Dédicaces

*Je dédie a ce mémoire a :*

*Mes cher parents ,que nulle dédicace ne puisse exprimer mes sincères sentiments, pour leur patience illimitée, leur encouragement contenu, leur aide, en témoignage de mon profond amour et respect pour leur grands sacrifices*

*Mes chères frères : Fares et Bilal pour leur grand amour et leur soutien qu'ils trouvent ici l'expression de ma haute gratitude .*

*Mes chers amis qui son leur encouragement ce travail n'aura vu le jour .*

*Et a toute ma famille et a tous ce que j'aime .*

*Samir*

---

## Résumé

Ces dernières années, l'instabilité de tension est responsable de plusieurs effondrements des réseaux qui ont été signalés dans de nombreux pays. L'instabilité de la tension est engendrée par diverses causes internes et externes au système électrique. Relativement aux régimes de fonctionnement l'instabilité de la tension est principalement impliquée suite à des variations inadmissibles des flux de puissances de ligne (puissance de charge) dans les réseaux électriques de manière générale. La sensibilité de la tension à ces variations est particulièrement marquée dans les réseaux de transport (ligne) sur des grandes distances; où, à l'impact de l'effet des puissances et des longueurs, se superpose celui de l'effet, alors non négligeable, de la répartition des paramètres du système. L'augmentation subite (rapide, imprévisible ...) de la charge peut, en l'absence des moyens de contrôle, conduire également à l'instabilité de la tension; mais la relation fondamentale entre la tension et la puissance réactive fait que la stabilité de la tension est essentiellement tributaire du contrôle des flux de puissance réactive. De ce fait, la réserve en puissance réactive au niveau des jeux de barres (critiques) s'avère déterminante.

Dans ce travail réalisé, nous avons présenté une analyse approfondie de la relation entre le plan du potentiel de lignes de grande longueurs et, essentiellement, les flux de la puissance réactive à des fins de contrôle de la stabilité de la tension.

## Chapitre I : Généralité sur les réseaux électriques

I.1.	Introduction .....	1
I.2.	Production de l'énergie électrique .....	2
I.2.1.	Historique de la production d'électricité .....	2
I.2.2.	Les centrales électriques .....	2
I.2.2.1.	Les centrales thermiques .....	2
I.2.2.2.	Les centrales nucléaires .....	4
I.2.2.3.	Les centrales hydroélectriques .....	4
I.2.2.4.	Les centrales solaires ou photovoltaïques .....	5
I.2.2.5.	Centrales éoliennes .....	6
I.3.	généralité sur les réseaux électrique .....	7
I.3.1.	Les niveaux de tension .....	7
I.3.2.	Topologie des réseaux .....	7
I.3.3.	Description des réseaux électriques .....	8
I.3.3.1.	Le réseau de transport THT .....	8
I.3.3.2.	Le réseau de répartition HT .....	9
I.3.3.3.	Le réseau de distribution MT .....	10
I.3.3.4.	Le réseau de livraison BT .....	11
I.3.4.	Constitution des réseaux électriques .....	12
I.3.4.1.	Les postes électriques .....	12
I.3.4.2.	Les lignes électriques .....	13
I.3.5.	Catégorie des charges .....	13
I.4.	conclusion .....	14

## Chapitre II: Analyse comparative de différents modèles des lignes

II.1.	Introduction .....	15
II.2.	Analyse comparative de différentes lignes .....	15
II.2.1.	Paramètres primaires [6] .....	16
II.2.2.	Paramètres secondaires [6] .....	17
II.2.3.	Puissance par unité naturelle et relative .....	18
II.2.3.1.	Effet de longueur et de tension [7] .....	18
II.2.3.1.	Effet de la longueur .....	21
II.2.4.	Tension au long de la ligne (distribution du potentiel) .....	25
II.2.4.1	Régime à vide .....	26
II.2.4.2	Régime en charge .....	29
II.3.	Conclusion .....	32

---

## Table des matières

---

<b>Chapitre III: Contrôl de la tension par l'énergie réactive</b>	
<b>III.1. Introduction</b>	33
<b>III.2. Compensation de l'énergie réactive</b>	33
<b>III.2.1. Régime à vide</b>	34
<b>III.2.1.1. Puissance de compensation pour <math>k_u=0.95</math></b>	34
<b>III.2.1.2. Puissance de compensation pour <math>k_u=1</math></b>	34
<b>III.2.1.3. Puissance de compensation pour <math>k_u=1.05</math></b>	35
<b>III.2.2. Régime en charge</b>	36
<b>III.2.2.1. Puissance de compensation pour <math>k_u=0.95</math></b>	37
<b>III.2.2.2. Puissance de compensation pour <math>=1</math></b>	37
<b>III.2.2.3. Puissance de compensation pour <math>k_u=1.05</math></b>	38
<b>III.1. Control de la tension par le réactif</b>	39
<b>III.3.1. Régime à vide</b>	39
<b>III.3.1.1. Ligne de 600 Km</b>	40
<b>III.3.1.2. ligne de 800 Km</b>	42
<b>III.3.1.3. ligne de 1000 Km</b>	50
<b>III.3.2. Régime en charge</b>	59
<b>III.3.2.1. ligne de 600 Km</b>	59
<b>III.3.2.2. ligne de 800 Km</b>	62
<b>III.3.2.3. Ligne de 1000 Km</b>	64
<b>III.4. Conclusion</b>	75

---

# Liste des figures

---

## Chapitre I : Généralité sur les réseaux électriques

Fig. I.1: Schéma d'un réseau électrique.....	1
Fig I. 2 : Les centrales thermiques à flamme .....	3
Fig I.3 : Centrale Thermique en Allemagne .....	3
Fig I.4 : Centrale nucléaire au Japon.....	4
Fig I.6 : centrale hydroélectrique en France .....	5
Fig I.7 : centrale photovoltaïque en tunisie.....	6
Fig I.8 : Les éoliennes en Pays Bas.....	6
Fig. I.10 : Exemple d'une partie d'un réseau de transport.....	9
Fig I. 11 : différents systèmes de distribution MT .....	11

## Chapitre II: Analyse comparative de différents modèles des lignes

Fig II. 1 : Epure du potentiel sans compensation (600Km) .....	27
Fig II. 2 : Epure du potentiel sans compensation (800Km) .....	28
Fig II. 3 : Epure du potentiel sans compensation (1000Km) .....	29
Fig II. 4 : Epure du potentiel sans compensation (600Km) .....	30
Fig II. 5 : Epure du potentiel sans compensation (800Km) .....	31
Fig II. 6 : Epure du potentiel sans compensation (1000Km) .....	32

## Chapitre III: Contrôl de la tension par l'énergie réactive

Fig III. 1 : Epure du potentiel après compensation ( $k_u=0.95$ ) .....	40
Fig III. 2 : Epure du potentiel après compensation ( $k_u=1$ ) .....	41
Fig III. 3 : Epure du potentiel après compensation ( $k_u=1.05$ ) .....	42
Fig III. 4 : Epure du potentiel après compensation ( $k_u=0.95$ ) .....	43
Fig III. 5 : Epure du potentiel après compensation ( $k_u=1$ ) .....	43
Fig III. 6 : Epure du potentiel après compensation ( $k_u=1.05$ ) .....	44
Fig III. 7 : Epure du potentiel après compensation au milieu de ligne ( $k_u=0.95$ ) .....	45
Fig III. 8 : Epure du potentiel après compensation au milieu de ligne ( $k_u=1$ ) .....	46
Fig III. 9 : Epure du potentiel après compensation au milieu de ligne ( $k_u=1.05$ ) .....	47
Figure III. 10 Epure du potentiel après compensation au milieu de ligne ( $k_u=0.95$ ) .....	48
Figure III. 11 Epure du potentiel après compensation au milieu de ligne ( $k_u=1$ ) .....	49
Figure III. 12 Epure du potentiel après compensation au milieu de ligne ( $k_u=1.05$ ) .....	50
Fig III. 13 : Epure du potentiel Epure du potentiel après compensation ( $K_u=0.95$ ).....	51
Fig III. 14 : Epure du potentiel Epure du potentiel après compensation ( $K_u=1$ ).....	52
Fig III. 15 : Epure du potentiel Epure du potentiel après compensation ( $K_u=1.05$ ).....	53
Fig III. 16 : Epure du potentiel après compensation au milieu de la ligne ( $K_u=0.95$ ).....	54
Fig III. 17 : Epure du potentiel après compensation au milieu de la ligne ( $K_u=1$ ).....	55
Fig III. 18 : Epure du potentiel après compensation au milieu de la ligne ( $K_u=1.05$ ).....	56



## Liste des figures

---

Fig III. 19 : Epure du potentiel après compensation au milieu de la ligne ( $Ku=0.95$ ).....	57
Fig III. 20 : Epure du potentiel après compensation au milieu de la ligne ( $Ku=1$ ).....	58
Fig III. 21 : Epure du potentiel après compensation au milieu de la ligne ( $Ku=1.05$ ).....	59
Fig III. 22 : Epure du potentiel après compensation ( $Ku=0.95$ ) .....	60
Fig III. 23 : Epure du potentiel après compensation ( $Ku=1$ ) .....	61
Fig III. 24 : Epure du potentiel après compensation ( $ku=1.05$ ) .....	61
Fig III. 25 : Epure du potentiel après compensation ( $ku=0.95$ ) .....	62
Fig III. 26 : Epure du potentiel après compensation ( $ku=1$ ) .....	63
Fig III. 27 : Epure du potentiel après compensation ( $ku=1.05$ ) .....	64
Fig III. 28 : Epure du potentiel après compensation ( $ku=0.95$ ) .....	65
Fig III. 29 : Epure du potentiel après compensation ( $ku=1$ ) .....	66
Fig III. 30 : Epure du potentiel après compensation ( $ku=1.05$ ) .....	67
Fig III. 31 : Epure du potentiel après compensation au milieu de la ligne ( $ku=0.95$ ) .....	68
Fig III. 32 : Epure du potentiel après compensation au milieu de la ligne ( $ku=1$ ) .....	69
Fig III. 33 : Epure du potentiel après compensation au milieu de la ligne ( $ku=1.05$ ) .....	70
Fig III. 34 : Epure du potentiel après compensation au milieu de la ligne ( $ku=0.95$ ) .....	72
Fig III. 35 : Epure du potentiel après compensation au milieu de la ligne ( $ku=1$ ) .....	73
Fig III. 36 : Epure du potentiel après compensation au milieu de la ligne ( $ku=1.05$ ) .....	74

# Liste des tableaux

---

## Chapitre II

Tableau II. 1 .....	17
Tableau II. 2 .....	18
Tableau II. 3 .....	18
Tableau II. 4 .....	19
Tableau II. 5 .....	19
Tableau II. 6 .....	20
Tableau II. 7 .....	20
Tableau II. 8 .....	20
Tableau II. 9 .....	21
Tableau II. 10 .....	21
Tableau II. 11 .....	22
Tableau II. 12 .....	22
Tableau II. 13 .....	23
Tableau II. 14 .....	23
Tableau II. 15 .....	23
Tableau II. 16 .....	24
Tableau II. 17 .....	24
Tableau II. 18 .....	25
Tableau II. 19 .....	25
Tableau II. 20 .....	25
Tableau II. 21 .....	26
Tableau II. 22 .....	27
Tableau II. 23 .....	28
Tableau II. 24 .....	29
Tableau II. 25 .....	30
Tableau II. 26 .....	31

## Chapitre III

Tableau III. 1 .....	34
Tableau III. 2 .....	34
Tableau III. 3 .....	34
Tableau III. 4 .....	35
Tableau III. 5 .....	35
Tableau III. 6 .....	35
Tableau III. 7 .....	36
Tableau III. 8 .....	36

## Liste des tableaux

---

Tableau III. 9.....	36
Tableau III. 10.....	37
Tableau III. 11.....	37
Tableau III. 12.....	37
Tableau III. 13.....	38
Tableau III. 14.....	38
Tableau III. 15.....	38
Tableau III. 16.....	39
Tableau III. 17.....	39
Tableau III. 18.....	39
Tableau III. 19.....	40
Tableau III. 20.....	41
Tableau III. 21.....	41
Tableau III. 22.....	42
Tableau III. 23.....	43
Tableau III. 24.....	44
Tableau III. 25.....	45
Tableau III. 26.....	45
Tableau III. 27.....	46
Tableau III. 28.....	46
Tableau III. 29.....	48
Tableau III. 30.....	48
Tableau III. 31.....	49
Tableau III. 32.....	49
Tableau III. 33.....	50
Tableau III. 34.....	51
Tableau III. 35.....	52
Tableau III. 36.....	53
Tableau III. 37.....	54
Tableau III. 38.....	55
Tableau III. 39.....	55
Tableau III. 40.....	57
Tableau III. 41.....	57
Tableau III. 42.....	58
Tableau III. 43.....	59
Tableau III. 44.....	60
Tableau III. 45.....	60

## I. Introduction générale

Les problèmes liés au fonctionnement des réseaux du transport et de production d'énergie électrique ont pris une importance considérable. Puisque que la consommation d'électricité ne cesse d'augmenter, et les conditions d'environnement sont contraignantes, les réseaux d'énergie électrique ne cesse de s'accroître et deviennent de plus en plus chargés, et en plus le transport se fait sur de longues distances. Cet état entraîne de nombreuses conséquences tel que: la difficulté de maintenir un profil de tension acceptable qui peut conduire à l'instabilité de la tension du réseau.

L'étude du comportement de la tension dans les réseaux électriques est devenue une préoccupation majeure des exploitants et planificateurs de ces systèmes. En fait, plusieurs incidents généralisés survenus dans le monde ont été associés à des instabilités de tension. Ce mode d'instabilité n'est pas encore bien maîtrisé, comparé au mode d'instabilité angulaire. Le mécanisme causant l'instabilité de tension semble l'un des plus importants problèmes complexes qui nécessite des études. Des relevés sur les incidents survenus durant les dernières décennies ont montré que l'effondrement de tension intervient généralement suite a une perturbation majeure ou à une augmentation importante de la charge sur un réseau électrique soumis à de fortes contraintes. Ce réseau s'affaiblit et sa consommation réactive s'accroît.

Le phénomène est alors caractérisé par une baisse progressive de la tension dans une ou plusieurs régions consommatrices, et qui va en s'accélégrant au bout de quelques minutes. La dégradation de la tension au niveau des charges est alors telle qu'elle entraîne des interruptions de service dont les causes directes peuvent être : manque de tension, augmentation des pertes réactives du réseau. La défaillance du réglage de la tension, au niveau des bornes des groupes, a pour conséquence une accélération de la dégradation du plan de la tension qui peut aller jusqu'à des déclenchements, en cascade, de groupes et de lignes et un effondrement général du réseau. Dans cette situation, il est intéressant pour le gestionnaire du réseau de disposer d'un moyen permettant de contrôler 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. [10]

## II. Plan de travail

La mémoire réalisé traite de ces aspects et est composé de trois chapitres ;

1/ dans le premier chapitre, on considère une généralité sur les réseaux électriques. On donne un aperçu sur les réseaux électriques, depuis les centrales jusqu'aux abonnés, en passant par les lignes et les postes électriques.

2/ Par la suite dans le deuxième chapitre, on fait une analyse comparative de différents modèles de lignes avec différentes configurations; on traite le régime de la ligne sous ses différents aspects, tels la distribution de potentiel et de la puissance réactive de la liaison sous le seul effet de la charge (en absence de la compensation).

3/ Finalement, on traite dans le troisième chapitre le régime de la ligne sous ses différents aspects, tels que la distribution du potentiel et de la puissance réactive en présence de la compensation à des fins de contrôle du plan de la tension.

# *Chapitre I*

## I.1. Introduction

L'énergie électrique est un facteur essentiel de développement et de l'évolution des sociétés humaines, il est donc nécessaire de savoir la produire de manière efficace et continue. Pour répondre à la consommation croissante d'électricité, il a fallu inventer et construire des usines (centrales électriques) capables de produire de l'électricité en grande quantité. Une fois le courant produit, il doit être amené jusque chez le consommateur .

Dans un pays, le Transport et la distribution publique assurent le transit de l'énergie électrique entre les points de production et les points de consommation. Les réseaux électriques sont constitués par l'ensemble des appareils destinés à la production, au transport, à la distribution et à l'utilisation de l'électricité depuis les centrales de génération jusqu'aux maisons de campagne les plus éloignées (**Fig. I.1**).L'énergie électrique est transportée en haute tension, voire très haute tension pour limiter les pertes joules (les pertes étant proportionnelles au carré de l'intensité) puis progressivement abaissée au niveau de la tension de l'utilisateur final. [1]

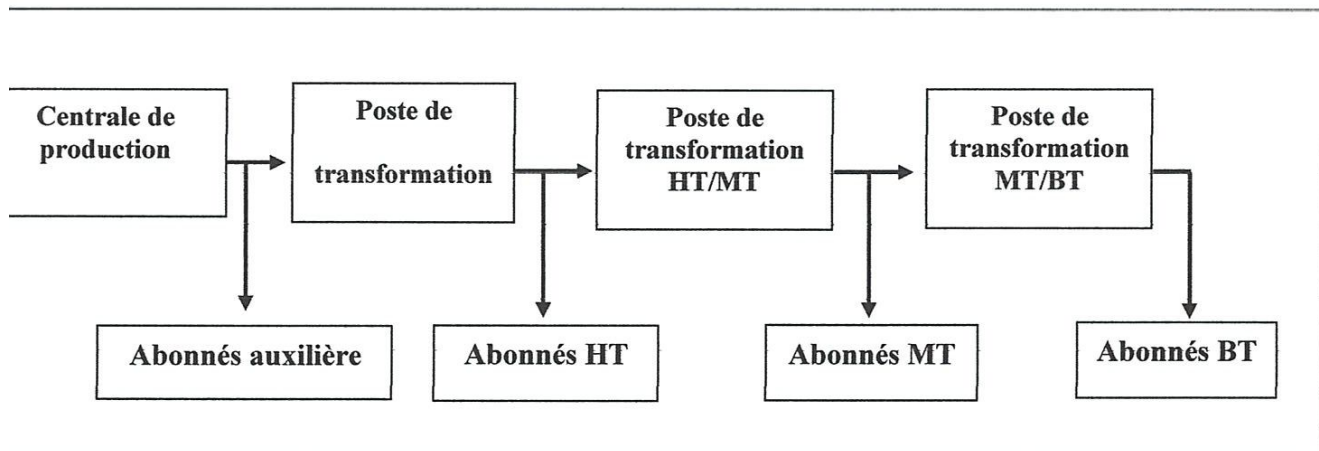


Fig. I.1: Schéma d'un réseau électrique

## I.2. Production de l'énergie électrique

### I.2.1. Historique de la production d'électricité

Le phénomène d'électricité a été découvert par le philosophe et savant grec Thales de Milet au sixième siècle avant J-C , il avait observé qu'un morceau d'ambre frotté énergiquement acquérait la propriété d'attirer de petits corps légers. L'électrisation d'un corps peut être obtenue de trois manières : par frottement , par contact avec un corps déjà électrisé, par influence en en l'approchant suffisamment d'un corps déjà électrisé, la science des phénomènes d'électrisation est l'électrostatique , fondée sur la loi de Coulomb (1785) . En 1800 , l'italien Volta invente une batterie et produit pour la première fois du courant .Mais il faudra attendre encore longtemps avant que l'électricité n'arrive dans des foyers . c'est l'américain Thomas Edison qui s'en charge , il met au point en 1879 une ampoule et construit la première Centrale électrique à Manhattan (une turbine au charbon faisant tourner un alternateur ) [2]

### I.2.2. Les centrales électriques

Il existe cinq principaux types de centrales électriques :

- Les centrales à combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel) dites centrales thermiques classiques,
- Les centrales nucléaires qui sont également des centrales que l'on peut qualifier de thermiques,
- Les centrales hydroélectriques,
- Les centrales solaires ou photovoltaïques,
- Les centrales éoliennes.

#### I.2.2.1. Les centrales thermiques

les centrales thermiques produisent l'électricité à partir de la chaleur qui se dégage de la combustion du charbon du mazout ou du gaz naturel. On la trouve près d'une rivière ou d'un lac, car d'énormes quantités d'eau sont requises pour refroidir et condenser la vapeur sortant des turbines. La combustion dégage une grande quantité de chaleur utilisée pour chauffer la chaudière ( ou générateur de vapeur ). On dispose alors de vapeur d'eau sous pression ; cette vapeur sous pression fait tourner à grande vitesse une turbine qui entraîne elle-



# Chapitre I : Généralité sur les réseaux électriques

même un alternateur qui produit une tension alternative sinusoïdale. A la sortie de la turbine la vapeur est refroidie pour se transformer en eau, puis renvoyée dans la chaudière ( Fig I.2) [3]

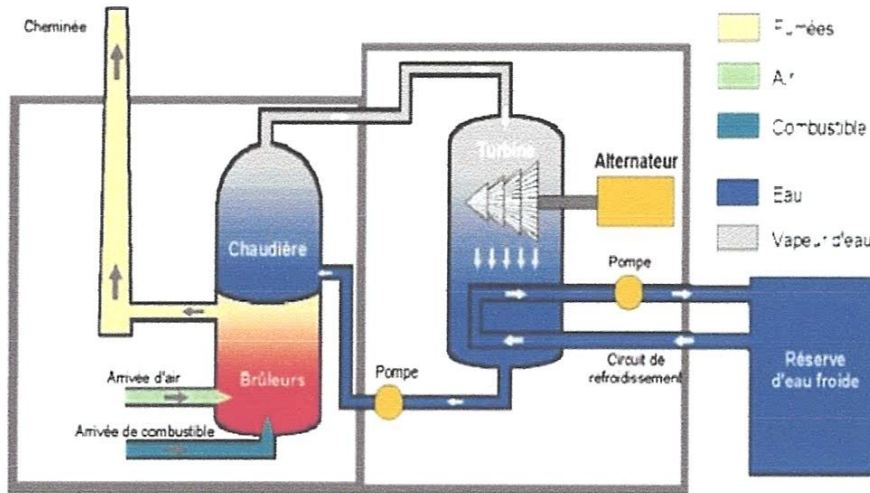


Fig I. 2 : Les centrales thermiques à flamme



Fig I.3 : Centrale Thermique en Allemagne

### I.2.2.2. Les centrales nucléaires

Ces centrales utilisent également des cycles de conversion thermodynamique, néanmoins leur « chaudière » est un réacteur nucléaire. L'énergie nucléaire obtenue à la suite de réaction de fission de l'uranium et de plutonium est la source de chaleur utilisée. Elles produisent environ 15% de l'électricité mondiale. Les centrales nucléaires produisent des déchets radioactifs et présentent un risque d'accident . Une centrale nucléaire est identique a une centrale thermique , sauf que la chaudière brulant le combustible fossile est remplacé par un réacteur contenant le combustible nucléaire en fission . [3]



Fig I.4 : Centrale nucléaire au Japan

### I.2.2.3. Les centrales hydroélectriques

Les centrales hydroélectriques convertissent l'énergie de l'eau en mouvement en énergie électrique .L'énergie provenant de la chute d'une masse d'eau est tout d'abord transformée dans une turbine hydrolique en énergie mécanique. Cette turbine entraine un alternateur dans lequel l'énergie mécanique est transformée en énergie électrique (fig I.5). [3]

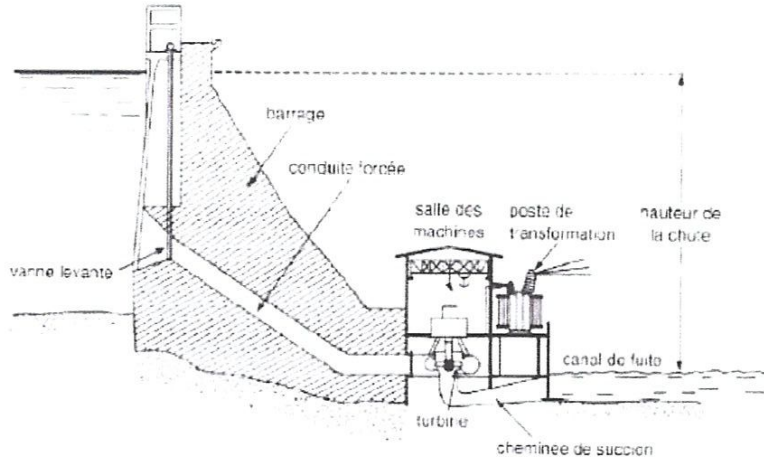


Fig I. 5 Centrale hydroélectrique



fig I.6 : centrale hydroélectrique en France

### I.2.2.4. Les centrales solaires ou photovoltaïques

Cet autre moyen de fabriquer de l'électricité avec l'énergie solaire utilise les rayonnements lumineux du soleil, qui sont directement transformés en un courant électrique par des cellules à base de silicium ou autres matériaux ayant des propriétés de conversion lumière/électricité. Chaque cellule délivrant une faible tension, les cellules sont assemblées en panneaux. [3]



Fig I.7 : centrale photovoltaïque en tunisie

### I.2.2.5. Centrales éoliennes

L'énergie éolienne est produite sous forme d'électricité par une éolienne. Des éoliennes formées d'un mat surmonté d'un générateur électrique entraîné par une hélice, sont positionnées idéalement sur les plan d'eau ou sur des collines ventées. [4]



Fig I.8 : Les éoliennes en Pays Bas

### I.3. généralité sur les réseaux électrique

#### I.3.1. Les niveaux de tension

Les réseaux électriques sont hiérarchisés comme suite ;

D'une façon générale, la plupart des pays mettent en œuvre :

- Un réseau de transport THT 220 → 800 Kv et plus
- Un réseau de répartition HT 60 → 170 Kv
- Un réseau de distribution MT 5 → 36 Kv ( selon CEI )
- Un réseau de livraison de l'abonné BT 400/230 V

Cette hiérarchie c'est-à-dire, les niveaux de tensions utilisées varient considérablement d'un pays à l'autre, en fonction des paramètres liés à l'histoire électrotechnique du pays, ses ressources énergétiques, sa superficie et finalement des critères techno-économique. [1]

#### I.3.2. Topologie des réseaux

Les réseaux de transport d'énergie et d'interconnexion sont, par nature, constitués d'ouvrages capables de forts transits et maillés. Les liaisons forment des boucles, réalisant ainsi une structure semblable aux mailles d'un filet (**Fig. I.9a**).

Les réseaux de répartition qu'ils alimentent ont fréquemment une structure bouclée (**Fig. I.9b**) et peuvent alors être exploités soit en boucle fermée, le réseau est dit bouclé, soit en boucle ouverte, le réseau est alors dit débouclé. Certaines alimentations se font aussi en antenne (**poste G, Fig. I.9**) ou encore en piquage en prélevant une partie de l'énergie circulant sur une ligne reliant deux postes (**poste H, Fig. I.9b**). Ces réseaux de répartition à caractère régional fournissent l'énergie aux réseaux de distribution qui sont des réseaux à moyenne tension assurant l'alimentation d'un grand nombre d'utilisateurs soit directement, soit après transformation en basse tension. Leur configuration et leur mode d'exploitation sont variables. On peut trouver, selon les pays, des réseaux maillés exploités débouclés, des réseaux à structure radiale (**Fig. I.9d**) ou des réseaux à structure arborescente (**Fig. I.9c**). D'une façon générale, ce sont les caractéristiques des sources de production, les besoins des utilisateurs et l'expérience d'exploitation qui, ajoutés à des considérations économiques, conduisent à choisir la structure topologique des réseaux. [5]

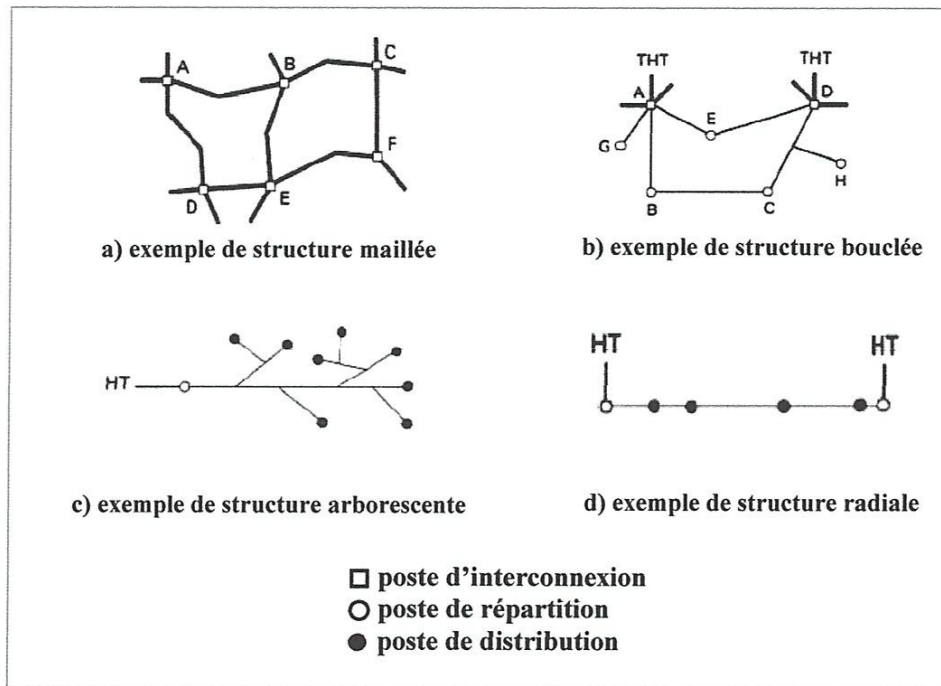


Fig. I.9 : Topologie des réseaux

## I.3.3. Description des réseaux électriques

### I.3.3.1. Le réseau de transport THT

C'est généralement le réseau qui permet le transport de l'énergie depuis les centres éloignés de production vers les centres de consommation. C'est sur le réseau THT que sont en principe branchées les centrales de grandes puissances (> 300 MW). Les réseaux de transport constituent une vaste grille couvrant le territoire, à laquelle sont raccordées les sources et les utilisations (groupes, transformateurs). Chaque nœud A, B et C (**Fig. I.10**) constitue un « poste d'interconnexion ». Ce poste est en général constitué par un collecteur principal appelé « jeu de barres » sur lequel se raccordent les lignes, au moyen d'appareils.

Ces réseaux sont pour la plupart aériens et souterrains dans les villes et leur voisinage. Ils sont étudiés pour un transit donné correspondant en général à la limite thermique de la ligne. Une attention particulière doit être portée à l'effet couronne qui peut donner lieu en THT, à des pertes très significatives suivant le climat et l'altitude. Les pylônes de lignes sont équipés en général de deux ternes (2 fois 3 phases) voir quatre et même six ternes.

## Chapitre I : Généralité sur les réseaux électriques

---

Les protections de ces réseaux doivent être très performantes. Quant à leur exploitation, elle est assurée au niveau national par un centre de conduite ou dispatching à partir duquel l'énergie électrique est surveillée et gérée en permanence. [5]

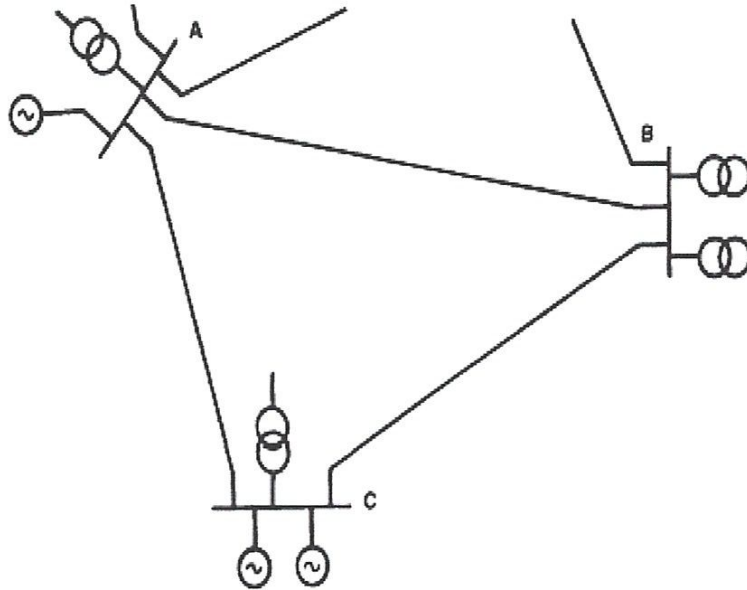


Fig. I.10 : Exemple d'une partie d'un réseau de transport

### I.3.3.2. Le réseau de répartition HT

La finalité de ce réseau est avant tout d'acheminer l'électricité du réseau de transport vers les grands centres de consommation qui sont :

- Soit du domaine public avec l'accès au réseau de distribution MT,
- Soit du domaine privé avec l'accès aux abonnés à grande consommation (supérieure à 10 MVA) livrés directement en HT. Il s'agit essentiellement d'industriels tels la sidérurgie, la cimenterie, la chimie, le transport ferroviaire,...

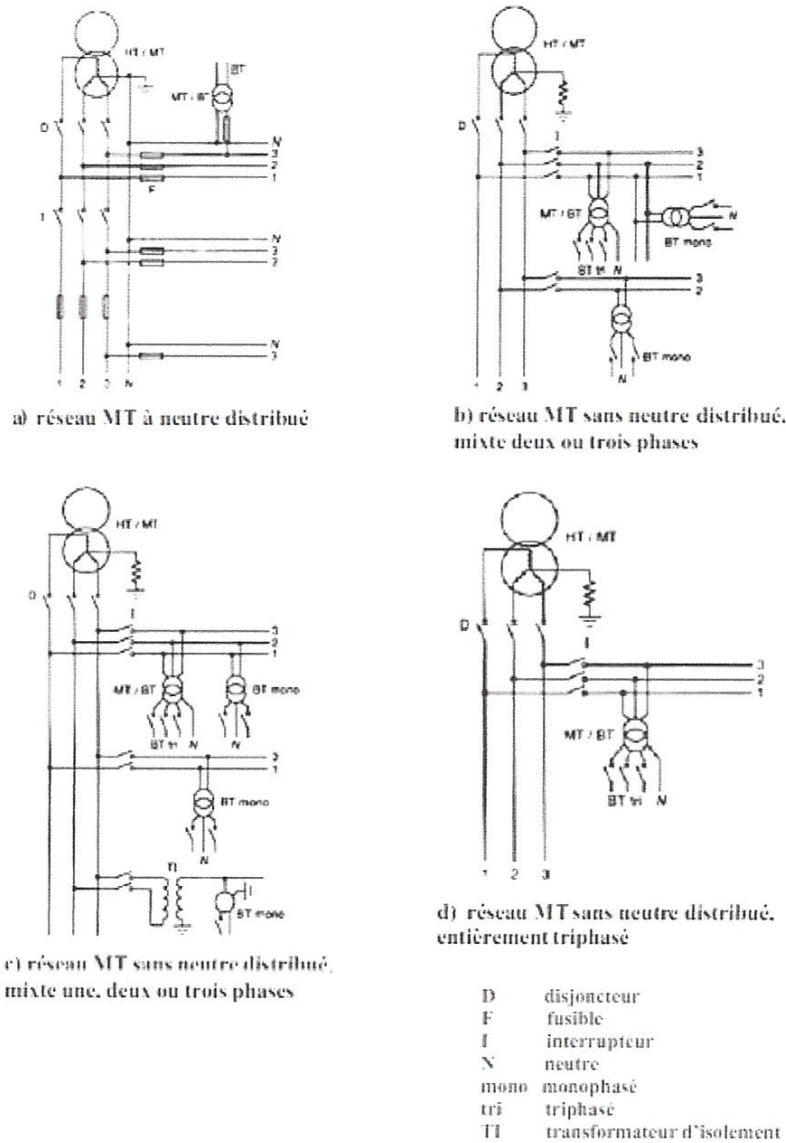
La structure de ces réseaux est généralement de type aérien (parfois souterrain à proximité de sites urbains). Les protections sont de même nature que celles utilisées sur les réseaux de transport, les centres de conduite étant régionaux. [5]

### I.3.3.3. Le réseau de distribution MT

Les utilisateurs peuvent être groupés d'une façon très dense comme dans les villes ou bien séparés les uns des autres par des distances plus ou moins grandes comme dans les campagnes. Ils sont desservis par un réseau de distribution alimenté par un poste de répartition qui reçoit l'énergie, provenant de centrales éloignées, par l'intermédiaire du réseau de transport. Des lignes de distribution à moyenne tension (MT) partent des postes de répartition et alimentent des postes de transformation répartis en différents endroits de la zone à desservir; ces postes de transformation abaissent la tension à une valeur convenable pour alimenter le réseau de distribution publique auquel les abonnés sont raccordés par des branchements. On distingue a travers le monde , différents systèmes de distribution MT citant principalement : [5]

- Le systèmes Nord-américain (**Fig I.11.a**) a neutre distribué directement mis a la terre : l'assature triphasée est composée de quatre fils , et les dérivation , a distributions monophasée entre phase et neutre , comportent un ou plusieurs fils de phase suivant la puissance a desservir , plus le neutre .
- Le système utilisé par exemple en Grande-Bretagne ou en Irlande ( **Fig I.11.b**) qui a partir d'assatures triphasées a trois fils sans neutre distribué alimente des dérivation qui peuvent etre a deux fils de phase
- Le système Australien (**FigI.11.c**) particulièrement économique est constitué d'assature a trois fils sans neutre distribué avec , entre autres des dérivation monophasées a un seul fil avec retour par la terre ( cette solution nécessite une faible résistance du sol )
- Le système Français (**Fig I.11.d**) entièrement triphasé en assatures on distingue par ailleurs :
  - Les réseaux ruraux généralables ralement de types aériens , arbarscents et bouclables.
  - Les réseaux urbains essentiellemtn interrés et bouclable. [5]





**Fig I. 11 : différents systèmes de distribution MT**

### I.3.3.4. Le réseau de livraison BT

C'est le réseau qui nous est en principe familier puisqu'il s'agit de la tension 400/230 V(380/220 en Algérie). Nous le rencontrons dans nos maisons via la chaîne : compteur, disjoncteur, fusibles (micro disjoncteurs).

La finalité de ce réseau est d'acheminer l'électricité du réseau de distribution MT aux points de faible consommation dans le domaine public avec l'accès aux abonnés BT. Il représente le dernier niveau dans une structure électrique.

Ce réseau permet d'alimenter un nombre très élevé de consommateurs correspondant au domaine domestique. Sa structure, de type aérien ou souterrain, est souvent influencée par l'environnement.

### I.3.4. Constitution des réseaux électriques

#### I.3.4.1. Les postes électriques

On distingue, suivant les fonctions qu'ils assurent, plusieurs types de postes :

- **Les postes à fonction d'interconnexion** : qui comprennent à cet effet un ou plusieurs points communs triphasés appelés jeu de barres, sur lesquels différents départs (lignes, transformateurs, etc.) de même tension peuvent être aiguillés ;
- **Les postes de transformation** : dans lesquels il existe au moins deux jeux de barres à des tensions différentes liés par un ou plusieurs transformateurs ;
- **Les postes mixtes** : les plus fréquents, qui assurent une fonction dans le réseau d'interconnexion et qui comportent en outre un ou plusieurs étages de transformation.

Les actions élémentaires inhérentes aux fonctions à remplir sont réalisées par l'appareillage à haute et très haute tension installé dans le poste et qui permet :

- D'établir ou d'interrompre le passage du courant, grâce aux disjoncteurs;
- D'assurer la continuité ou l'isolement d'un circuit grâce aux sectionneurs;
- De modifier la tension de l'énergie électrique, grâce aux transformateurs de puissance.

Un ensemble de protections et d'automates contrôle les grandeurs électriques réduites, élaborées par des réducteurs de mesure (tension et courant principalement) et agit sur l'appareillage à haute tension afin d'assurer les conditions d'exploitation pour lesquelles le réseau a été conçu. Nous retiendrons donc que, par définition, les appareils de coupure, ainsi que l'appareillage de mesure et de protection propre à un départ, sont regroupés dans une cellule.

Un poste comporte donc autant de cellules que de départs qui sont raccordés à ses jeux de barres. En outre, les jeux de barres sont susceptibles de constituer plusieurs nœuds électriques par l'ouverture de disjoncteurs ; on appelle alors sommet le jeu de barres ou le tronçon de jeu de barres ainsi constitué. Le nombre des sommets d'un poste caractérise ainsi son aptitude à former des nœuds électriques. [1]

### I.3.4.2. Les lignes électriques

Le genre de ligne utilisée est imposé par les facteurs suivant :

- Puissance active à transporter,
- Distance de transport,
- Coût,
- Esthétique, encombrement et facilité d'installation.

Nous distinguons quatre types de lignes :

- a) Ligne de distribution à basse tension : ce sont les lignes installées à l'intérieur des édifices, usines et maison pour alimenter les moteurs, cuisinières, lampes ....etc.
- b) Ligne de distribution à moyenne tension : ce sont les lignes qui relient les clients aux postes de transformation principaux de la compagnie d'électricité.
- c) Ligne de transport haute tension : ce sont les lignes qui relient les postes de transformation principaux aux centrales de génération.
- d) Ligne de transport à très haute tension : ce sont les lignes qui relient les centrales éloignées aux centres d'utilisation. Ces lignes peuvent atteindre des longueurs de 100 km et elles fonctionnent à des tensions allant jusqu'à 75 K V [1]

### I.3.5. Catégorie des charges

Selon la nature des récepteurs on peut classifier les charges en trois grandes catégories :

- La première catégorie : dans cette classe les récepteurs ne permettent que moins de deux seconde d'arrêt d'alimentation comme les hôpitaux et les zones militaires
- La deuxième catégorie : dans cette classe les récepteurs acceptent un arrêt de moins de deux heures, comme les usines.
- La troisième catégorie : dans cette dernière catégorie, l'arrêt peut être de plus de 24 heures, comme l'éclairage public et les domiciles. [5]

## I.4. conclusion

On a fait dans ce chapitre une étude générale du réseau électrique, avec l'étude de ses différents composants nécessaire à la production, au transport, à la distribution et à la livraison de l'énergie électrique. Le but premier d'un réseau d'énergie est de pouvoir alimenter la demande des consommateurs. Comme on ne peut encore stocker économiquement et en grande quantité l'énergie électrique il faut pouvoir maintenir en permanence l'égalité :

$$\text{Production} = \text{Consommation} + \text{pertes}$$

Le réseau électrique doit permettre de livrer aux utilisateurs un bien de consommation adapté à leurs besoins, caractérisé par :

- Une puissance disponible, fonction des besoins quantitatifs du client ;
- Une tension fixée, fonction de cette puissance et du type de clientèle ;

Une qualité traduisant la capacité à respecter les valeurs et la forme prévues de ces deux paramètres et à les maintenir dans le temps.

## *Chapitre II*

# Chapitre II : Analyse comparative de différents modèles des lignes

---

## II.1. Introduction

Dans les territoires a grande superficie, le transport d'énergie électrique se fait sur de grandes distances, cet état entraine de nombreuses conséquences, tel que; la difficulté de maintenir un profil de tension acceptable qui peut, en l'absence des moyens de contrôle, conduire à l'instabilité de tension de réseau.

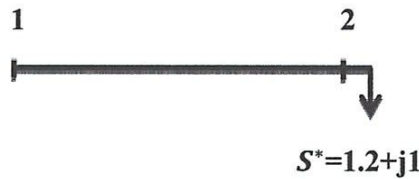
En pratique ; en ne peut obtenir une qualité parfaite qui suppose une fourniture continue à tension et à fréquence constantes, mais on doit toujours chercher à s'en rapprocher le plus possible.

## II.2. Analyse comparative de différentes lignes

### Modèles des lignes

Soit données les paramètres des lignes étudiées avec leur graphique de charge et tension

$$\left\{ \begin{array}{l} L=600 \text{ Km} \\ U_n = 500 \text{ Kv} \end{array} \right.$$



$$\left\{ \begin{array}{l} L=800 \text{ Km} \\ U_n = 600 \text{ Kv} \end{array} \right.$$

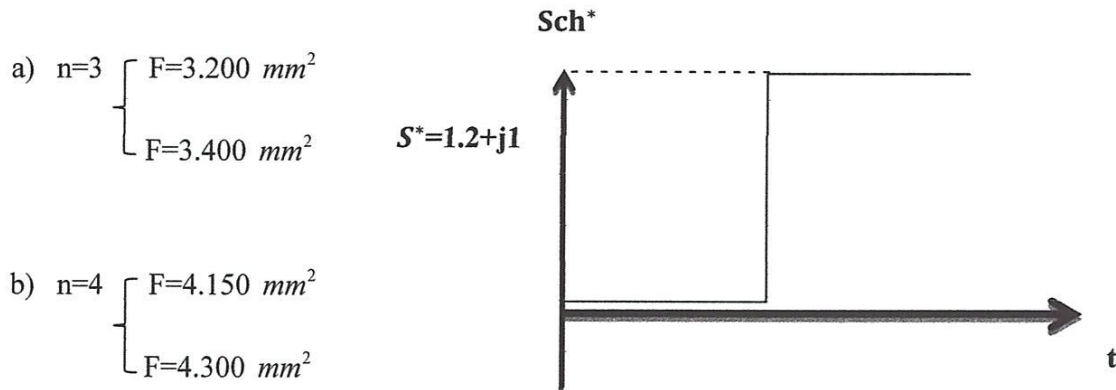


$$\left\{ \begin{array}{l} L=1000 \text{ Km} \\ U_n = 700 \text{ Kv} \end{array} \right.$$



## Chapitre II : Analyse comparative de différents modèles des lignes

---



On considère donc, des lignes de longueur données, et de différentes configurations de phase qui doivent alimenter un centre de charge donné, par ses deux régimes limites : maximal et à vide.

### II.2.1. Paramètres primaires [6]

✓ *Réactance linéique*

$$x_0 = 0.114 * \log \left( \frac{D_m}{R_{eq}} \right) + \frac{0.016}{n} \quad (\Omega/\text{Km}) \quad (2.1)$$

✓ *Susceptance linéique*

$$b_0 = 7.58 * 10^{-6} / \log \left( \frac{D_m}{R_{eq}} \right) \quad (2.2)$$

Ou :

$D_m$  : Distance moyenne géométrique entre les phases.

$R_{eq}$  : Rayon équivalent de la phase.

$$R_{eq} = \sqrt[n]{r_c * d^{n-1}} \quad n \leq 3 \quad (2.3)$$

## Chapitre II : Analyse comparative de différents modèles des lignes

---

$$R_{eq} = \sqrt[n]{r_c * \prod_i^n a_{ii}} \quad n > 3 \quad (2.4)$$

Ou

D : Distance moyenne géométrique entre les conducteurs de la phase,

$r_c$  : Rayon d'un conducteur de la phase,

n : nombre de conducteurs dans une phase,

a : Distance entre conducteurs en faisceau de la phase,

$\prod$  : Produit.

N	F(mm <sup>2</sup> )	$r_c$ (cm)	$R_{eq}$ (cm)	Dm(cm)	$x_0$ ( $\Omega$ /km)	$b_0$ ( $\Omega^{-1}$ /km)
3	200	0.96	11.59	1260	0.298	$3.717 \cdot 10^{-6}$
	400	1.36	12.96	1260	0.291	$3.813 \cdot 10^{-6}$
4	150	0.85	16.65	1260	0.275	$4.03 \cdot 10^{-6}$
	300	1.175	18.06	1260	0.270	$4.11 \cdot 10^{-6}$

Tableau II. 1

D'après les résultats du tableau II.1 on constate que l'augmentation du nombre de conducteur de phase ou la section d'un conducteur entraîne la diminution de la réactance  $x_0$  et l'augmentation de la susceptance  $b_0$ .

### II.2.2. Paramètres secondaires [6]

Pour une ligne idéale on peut poser :

$$r_0 = g_0 = 0$$

Donc

$$y_0 = \sqrt{x_0 + b_0} = j\alpha_0 \quad (2.5)$$

$$Z_c = \sqrt{\frac{x_0}{b_0}} \quad (2.6)$$



## Chapitre II : Analyse comparative de différents modèles des lignes

$y_0$  : Admittance du circuit transversal de la ligne,

$\alpha_0$  : Facteur linéique de la phase de l'onde,

$Z_c$  : Impédance caractéristique d'onde.

n	F(mm <sup>2</sup> )	$\alpha_0$ (°/km)	$y_0(n^{-3})$	$Z_c(\Omega)$
3	200	0.06	1.053	283.936
	400	0.06	1.053	276.256
4	150	0.06	1.053	261.224
	300	0.06	1.053	256.307

**Tableau II. 2**

D'après les résultats du tableau II.2 ; on constate que l'augmentation de la section de conducteur ou le nombre de conducteurs dans une ligne entraîne la diminution de l'impédance caractéristique d'onde ( $Z_c$ ).

### II.2.3. Puissance par unité naturelle et relative

#### II.2.3.1. Effet de longueur et de tension [7]

En régime maximal on a  $S^*=1.2+j1$  pour une tension de 500 Kv (ligne de 600 Km) on a :

$$P_{ci} = \frac{U^2}{Z_{ci}} \quad (2.7)$$

$P_c$  : Puissance naturelle au caractéristique de la ligne.

#### ✓ Ligne de 600 Km

U(Kv)	U=500		
n	F(mm <sup>2</sup> )	$Z_c(\Omega)$	$P_c$ (MW)
3	200	282.146	882.936
	400	276.256	904.957
4	150	269.224	957.033
	300	256.307	975.392

**Tableau II. 3**

## Chapitre II : Analyse comparative de différents modèles des lignes

---

### ✓ Ligne de 800 Km

U(Kv)	U=600		
n	F(mm <sup>2</sup> )	Z <sub>c</sub> (Ω)	P <sub>c</sub> (MW)
3	200	282.146	1275.935
	400	276.256	1303.139
4	150	261.224	1378.128
	300	256.307	1404.565

Tableau II. 4

### ✓ Ligne de 1000 Km

U(Kv)	U=700		
n	F(mm <sup>2</sup> )	Z <sub>c</sub> (Ω)	P <sub>c</sub> (MW)
3	200	282.146	1736.689
	400	276.256	1773.717
4	150	261.224	1875.784
	300	256.307	1311.769

Tableau II. 5

D'après les résultats des tableaux (II.3, II.4 et II.5) on constate que la diminution l'impédance caractéristique d'onde ( $Z_c$ ), ou l'augmentation de la tension maximal ( $U_n$ ) entraine une augmentation de la puissance naturelle au caractéristique de la ligne ( $P_c$ ).

$$P = P^* \cdot P_{c1} \quad \Rightarrow \quad P = 1.2 \cdot 882.936 = 1059.526 \text{ MW}$$

$$Q = Q_1 \cdot P_{c1} \quad \Rightarrow \quad Q = 1 \cdot 882.936 = 882.936 \text{ MVAR}$$

On a:

$$P_i = \frac{P_1}{P_{ci}} \quad (2.8)$$

$$Q_i = \frac{Q_1}{P_{ci}} \quad (2.9)$$

$$P + jQ = 1059.523 + j882.938 \text{ MVA}$$

## Chapitre II : Analyse comparative de différents modèles des lignes

---

### ✓ Ligne de 600 Km

U(Kv)	U=500		
n	F(mm <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (MW)	S <sub>ch</sub> = P <sub>ch</sub> + jQ <sub>ch</sub>
3	200	882.936	1.2+j1
	400	904.957	1.17+j0.97
4	150	957.033	1.1+j0.92
	300	975.392	1.08+j0.90

Tableau II. 6

### ✓ Ligne de 800 Km

U(Kv)	U=600		
n	F(mm <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (MW)	S <sub>ch</sub> = P <sub>ch</sub> + jQ <sub>ch</sub>
3	200	1275.935	0.83+j0.69
	400	1303.139	0.81+j0.67
4	150	1378.128	0.77+j0.64
	300	1404.565	0.75+j0.63

Tableau II. 7

### ✓ Ligne de 1000 Km

U(Kv)	U=700		
n	F(mm <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (MW)	S <sub>ch</sub> = P <sub>ch</sub> + jQ <sub>ch</sub>
3	200	1736.689	0.61+j0.51
	400	1773.717	0.60+j0.50
4	150	1875.784	0.56+j0.47
	300	1911.769	0.55+j0.46

Tableau II. 8

## Chapitre II : Analyse comparative de différents modèles des lignes

D'après les résultats du tableau (II.6, II.7 et II.8) on constate que l'augmentation de la puissance naturelle au caractéristique de la ligne entraîne une diminution de la puissance relative. De même, l'augmentation de  $n$  ( $3 \Rightarrow 4$ ) entraîne l'augmentation de  $P_c$  (la section sommaire étant constante).

### II.2.3.1. Effet de la longueur

#### II.2.3.1.1. Pour $U_n = 500Kv$

##### ✓ Ligne de 600 Km

U(Kv)	U=500		
n	F(mm <sup>2</sup> )	Z <sub>c</sub> (Ω)	P <sub>c</sub> (MW)
3	200	282.146	882.936
	400	276.256	904.957
4	150	269.224	957.033
	300	256.307	975.392

Tableau II. 9

##### ✓ ligne de 800Km

U(Kv)	U=500		
N	F(mm <sup>2</sup> )	Z <sub>c</sub> (Ω)	P <sub>c</sub> (MW)
3	200	282.146	882.936
	400	276.256	904.957
4	150	269.224	957.033
	300	256.307	975.392

Tableau II. 10

## Chapitre II : Analyse comparative de différents modèles des lignes

---

### ✓ Ligne de 1000 Km

U(Kv)	U=500		
n	F(mm <sup>2</sup> )	Z <sub>c</sub> (Ω)	P <sub>c</sub> (MW)
3	200	282.146	882.936
	400	276.256	904.957
4	150	269.224	957.033
	300	256.307	975.392

Tableau II. 11

$$P = P^* \cdot P_{c1} \quad \rightarrow \quad P = 1.2 \cdot 882.936 = 1059.526 \text{ MW}$$

$$Q = Q_1 \cdot P_{c1} \quad \rightarrow \quad Q = 1 \cdot 882.936 = 882.936 \text{ MVAR}$$

On a :

$$P_i = \frac{P_1}{P_{ci}} \quad Q_i = \frac{Q_1}{P_{ci}} \quad (2.10)$$

$$P + jQ = 1059.523 + j882.938 \text{ MVA}$$

### ✓ Ligne de 600 Km

U(Kv)	U=500		
n	F(mm <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (MW)	S <sub>ch</sub> = P <sub>ch</sub> + jQ <sub>ch</sub>
3	200	882.936	1.2+j1
	400	904.957	1.17+j0.97
4	150	957.033	1.1+j0.92
	300	975.392	1.08+j0.90

Tableau II. 12

## Chapitre II : Analyse comparative de différents modèles des lignes

---

### ✓ Ligne de 800 Km

U(Kv)	U=700		
N	F(mm <sup>2</sup> )	Z <sub>c</sub> (Ω)	P <sub>c</sub> (MW)
3	200	282.146	1736.689
	400	276.256	1773.717
4	150	261.224	1875.784
	300	256.307	1911.769

Tableau II. 16

### ✓ Ligne de 1000 Km

U(Kv)	U=700		
N	F(mm <sup>2</sup> )	Z <sub>c</sub> (Ω)	P <sub>c</sub> (MW)
3	200	282.146	1736.689
	400	276.256	1773.717
4	150	261.224	1875.784
	300	256.307	1911.769

Tableau II. 17

$$P = P^* \cdot P_{c1} \quad \Rightarrow \quad P = 1.2 \cdot 1736.689 = 2084.0268 \text{ MW}$$

$$Q = Q_1 \cdot P_{c1} \quad \Rightarrow \quad Q = 1 \cdot 1736.689 = 1736.689 \text{ MVAR}$$

On a :

$$P_i = \frac{P_1}{P_{c1}} \quad (2.11)$$

$$Q_i = \frac{Q_1}{P_{c1}} \quad (2.12)$$

$$P + jQ = 1059.523 + j882.938 \text{ MVA}$$

## Chapitre II : Analyse comparative de différents modèles des lignes

---

### ✓ Ligne de 600 Km

U(Kv)	U=700		
N	F(mm <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (MW)	S <sub>ch</sub> = P <sub>ch</sub> + jQ <sub>ch</sub>
3	200	1736.689	1.2+j1
	400	1773.717	1.17+j0.97
4	150	1875.784	1.1+j0.92
	300	1911.769	1.08+j0.90

Tableau II. 18

### ✓ Ligne de 800 Km

U(Kv)	U=700		
N	F(mm <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (MW)	S <sub>ch</sub> = P <sub>ch</sub> + jQ <sub>ch</sub>
3	200	1736.689	1.2+j1
	400	1773.717	1.17+j0.97
4	150	1875.784	1.1+j0.92
	300	1911.769	1.08+j0.90

Tableau II. 19

### ✓ Ligne de 1000 Km

U(Kv)	U=700		
N	F(mm <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (MW)	S <sub>ch</sub> = P <sub>ch</sub> + jQ <sub>ch</sub>
3	200	1736.689	1.2+j1
	400	1773.717	1.17+j0.97
4	150	1875.784	1.1+j0.92
	300	1911.769	1.08+j0.90

Tableau II. 20

D'après les résultats des tableaux (II.9 jusqu'à II.20) on constate que si on a la même valeur de la tension pour les trois longueurs, on trouve les mêmes valeurs de la puissance naturelle de la ligne P<sub>c</sub>, donc les mêmes valeurs de la puissance en unité relative.

## Chapitre II : Analyse comparative de différents modèles des lignes

### II.2.4. Tension au long de la ligne (distribution du potentiel)

Pour calculer la tension au long de la ligne on utilise la formule suivante : [8]

$$U_x = \cos \alpha_0 + Q^* \sin \alpha_0 l + jP^* \sin \alpha_0 l \quad (2.13)$$

#### II.2.4.1 Régime à vide

En régime à vide et d'après le graphique de charge on a :

$\delta_{ch}^* = 0$  ; Ce qui donne

$$U_n^* = U^*(x) = \cos \alpha_0 x$$

Donc les résultats de calcul du potentiel le long de la ligne sont les mêmes pour toutes les sections (configuration). On considère donc par l'exemple la distribution du potentiel pour un seul cas ; soit  $F = 200mm^2$ .

✓ **Ligne de 600 Km**

$S_2 = P_2 + jQ_2$		0
x (Km)	$\alpha_0 x$	$U(x)$
0	0	1.0000
100	6	0.99454
200	12	0.9781
300	18	0.9511
400	24	0.9135
500	30	0.8660
600	36	0.8090

Tableau II. 21



## Chapitre II : Analyse comparative de différents modèles des lignes

---

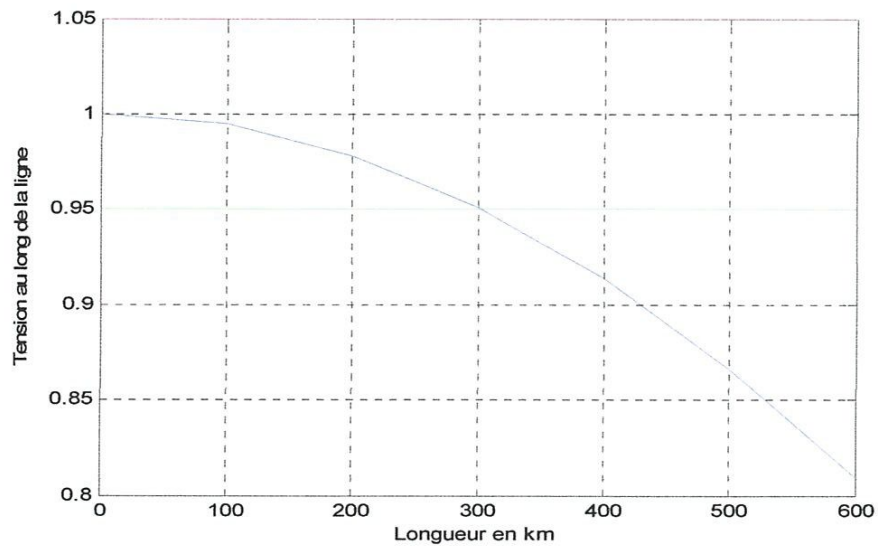


Fig II. 1 : Epure du potentiel sans compensation (600Km)

✓ **Ligne de 800 Km**

$S_2 = P_2 + jQ_2$		0
$x$ (Km)	$\alpha_0 x$	$U(x)$
0	0	1.0000
100	6	0.99454
200	12	0.9781
300	18	0.9511
400	24	0.9135
500	30	0.8660
600	36	0.8090
700	42	0.7431
800	48	0.6691

Tableau II. 22

## Chapitre II : Analyse comparative de différents modèles des lignes

---

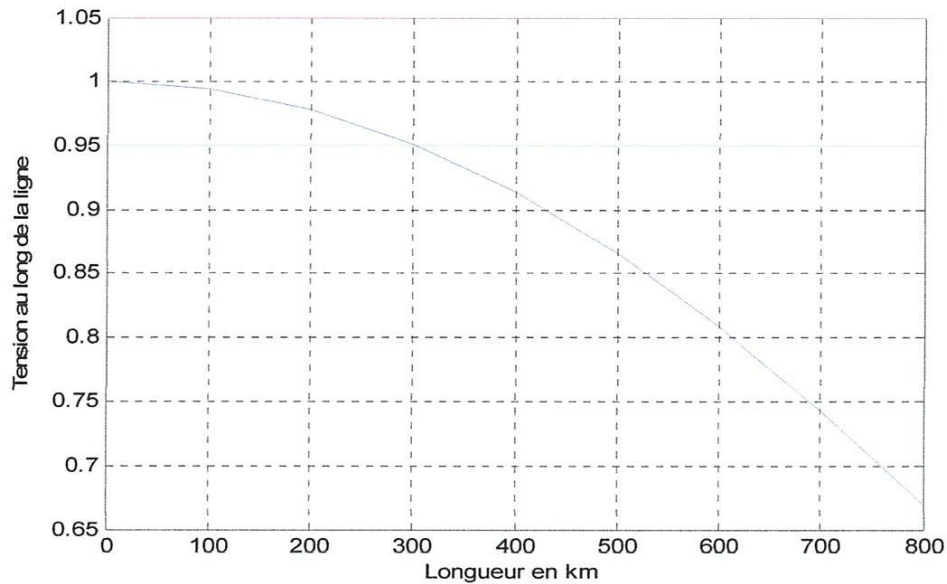


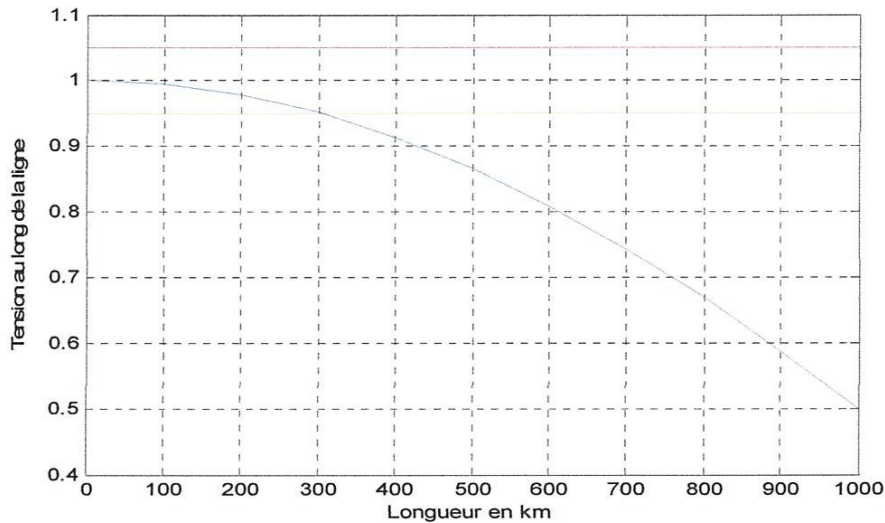
Fig II. 2 : Epure du potentiel sans compensation (800Km)

✓ **Ligne de 1000 Km**

$S_2 = P_2 + jQ_2$		0
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$
0	0	1.0000
100	6	0.9945
200	12	0.9781
300	18	0.9511
400	24	0.9135
500	30	0.8660
600	36	0.8090
700	42	0.7431
800	48	0.6691
900	54	0.5875
1000	60	0.5000

Tableau II. 23

## Chapitre II : Analyse comparative de différents modèles des lignes



**Fig II. 3 : Epure du potentiel sans compensation (1000Km)**

Si l'écart admissible de la tension est de  $\Delta U\% = \pm 5\%$  (en moyenne), et d'après les résultats des tableaux (II.21, II.22 et II.23) on constate alors que la tension ne reste pas dans les limites admissibles pour tous les cas.

### II.2.4.2 Régime en charge

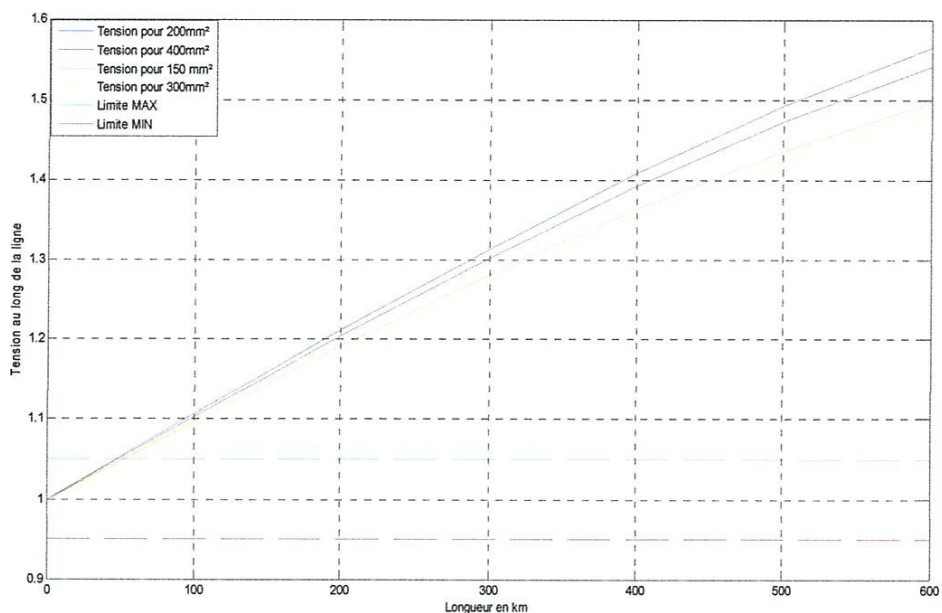
Pour le régime en charge on va calculer la tension le long de la ligne pour tous les cas puisque les caractéristiques ( $Z_c$  et  $P_c$ ) de la ligne changent.

#### ✓ Ligne de 600Km

$U_n (Kv)$		500			
$S_2 = P_2 + jQ_2$		1.2+j1	1.17+j0.97	1.1+j0.92	1.08+j0.90
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$
0	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
100	6	1.1062	1.1027	1.0967	1.0944
200	12	1.2120	1.2046	1.1916	1.1867
300	18	1.3135	1.3020	1.2813	1.2737
400	24	1.4076	1.3920	1.3633	1.3529
500	30	1.4920	1.4722	1.4356	1.4225
600	36	1.5648	1.5411	1.4966	1.4810

**Tableau II. 24**

## Chapitre II : Analyse comparative de différents modèles des lignes



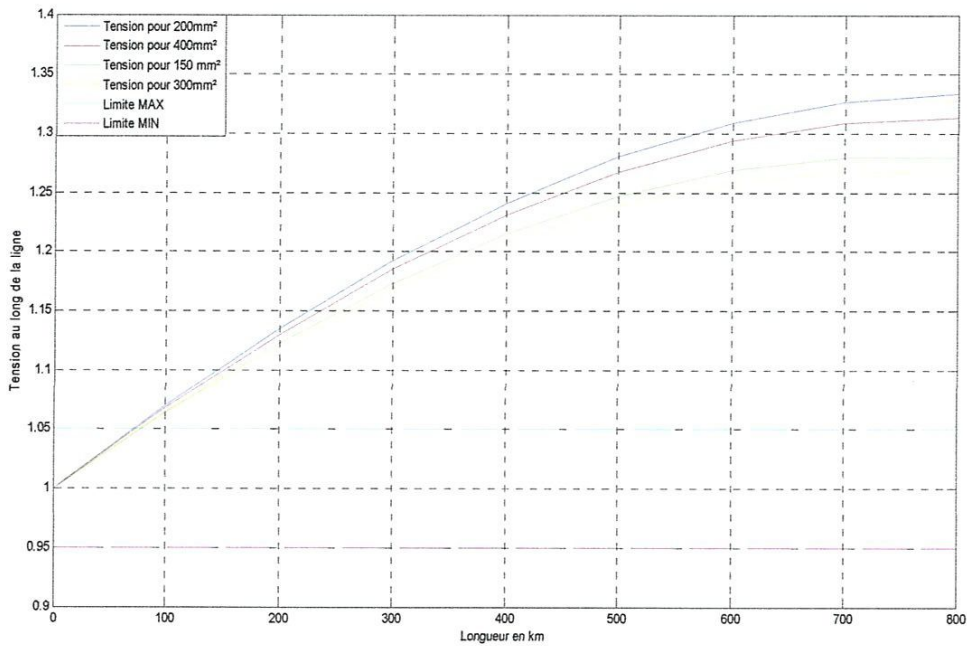
**Fig II. 4 : Epure du potentiel sans compensation (600Km)**

✓ **Ligne de 800 Km**

$U_n(Kv)$		600			
$S_2 = P_2 + jQ_2$		0.83+j0.69	0.81+j0.67	0.77+j0.64	0.75+j0.63
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$
0	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
100	6	1.0702	1.0679	1.0645	1.0633
200	12	1.1348	1.1301	1.1227	1.1200
300	18	1.1922	1.1848	1.1732	1.1689
400	24	1.2410	1.2310	1.2149	1.2089
500	30	1.2802	1.2675	1.2469	1.2391
600	36	1.3089	1.2936	1.2687	1.2590
700	42	1.3267	1.3089	1.2789	1.2682
800	48	1.3332	1.313	1.2798	1.2665

**Tableau II. 25**

## Chapitre II : Analyse comparative de différents modèles des lignes



**Fig II. 5 : Epure du potentiel sans compensation (800Km)**

✓ **Ligne de 1000 Km**

$U_n (Kv)$		700			
$S_2 = P_2 + jQ_2$		0.61+j0.51	0.60+j0.50	0.56+j0.47	0.55+j0.46
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$
0	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
100	6	1.0498	1.0487	1.0453	1.0442
200	12	1.0916	1.0893	1.0821	1.0799
300	18	1.1246	1.1210	1.1099	1.1063
400	24	1.1481	1.1433	1.1279	1.1231
500	30	1.1618	1.1556	1.1361	1.1300
600	36	1.1653	1.1579	1.1341	1.1268
700	42	1.1587	1.1501	1.1210	1.1135
800	48	1.1420	1.1322	1.1002	1.0905
900	54	0.1155	1.1047	1.0688	1.0580
1000	60	0.0797	1.0679	1.0285	1.0170

**Tableau II. 26**

## Chapitre II : Analyse comparative de différents modèles des lignes

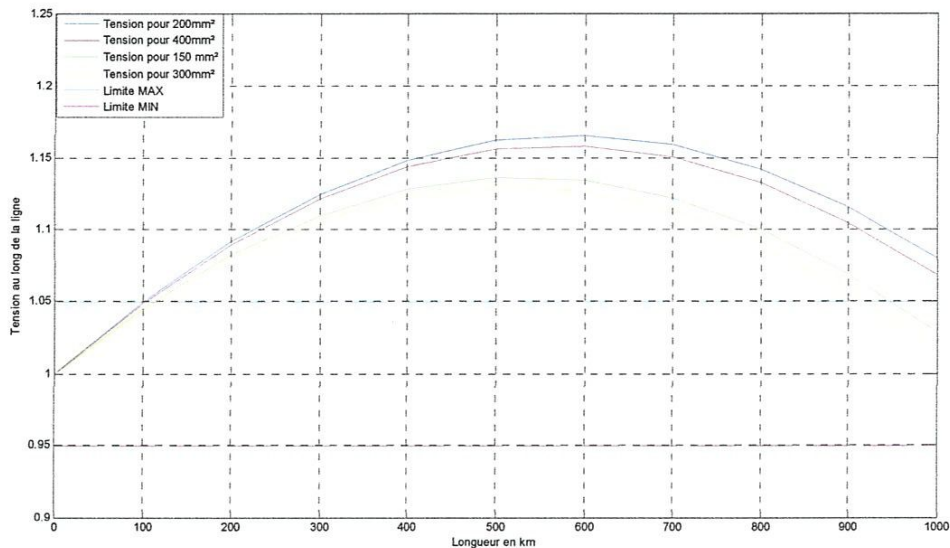


Fig II. 6 : Epure du potentiel sans compensation (1000Km)

Toujours pour un écart admissible de tension  $\Delta U\% = \pm 5\%$  d'après les résultats des tableaux (II.24, II.25 et II.26), on constate que pour le régime en charge, la tension est sort largement des limites admissibles.

### II.3. Conclusion

Le transport de l'énergie électrique a haute tension crée des problèmes particulières; la variation considérable de la tension. La configuration en faisceau peut améliorer le plan du potentiel, mais reste insuffisante pour l'insère dans les limites admissibles sur toute la longueur de la ligne. Il est donc nécessaire d'implique la compensation du réactif.

# *Chapitre III*

### III.1. Introduction

L'énergie électrique est essentiellement distribuée aux utilisateurs sous forme de courant alternatif par des réseaux, en haute, moyenne et basse tension. L'énergie consommée est composée d'une partie « active » transformée en chaleur ou en mouvement et d'une partie « réactive » transformée par les actionnaires électriques pour créer leur propre champ électromagnétique. L'utilisateur ne bénéficie que de l'apport énergétique de la partie « active », la partie « réactive » ne peut être éliminée, mais doit être compensée par des dispositifs appropriés, l'énergie totale soutirée au réseau de distribution sera ainsi globalement réduite.

### III.2. Compensation de l'énergie réactive

Pour le calcul de la puissance réactive nécessaire pour maintenir un rapport déterminé des tensions d'extrémité de la ligne, on peut utiliser la formule suivante : [8]

$$Q_2^* = -ctg\alpha_0 l + \sqrt{\left(\frac{ku}{\sin\alpha_0 l}\right)^2 - P_2^{*2}} \quad (3.1)$$

Où :

$ku$  : Rapport entre les tensions  $U_1$  et  $U_2$

Le calcul de la puissance réactive de compensation s'effectue par la formule suivante :

$$Q_c^* = Q_2^* - Q_2^* \quad (3.1)$$

$Q_c^*$  : Puissance réactive de compensation

$Q^*$  : Puissance réactive de charge

$Q_2^*$  : Puissance réactive de ligne



## Chapitre III : Control de la tension par l'énergie réactive

### III.2.1.2. Puissance de compensation pour $ku=1$

#### ✓ Ligne de 600 Km

$U_n$ (Kv)	500			
n	3		4	
$F(mm^2)$	200	400	150	300
$S_{ch} = P_{ch} + jQ_{ch}$	0	0	0	0
$Q_2^*$	0.325	0.325	0.325	0.325
$Q_c^*$	-0.325	-0.325	-0.325	-0.325
$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$	0+j0.325	0+j0.325	0+j0.325	0+j0.325

Tableau III. 4

#### ✓ Ligne de 800Km

$U_n$ (Kv)	600			
n	3		4	
$F(mm^2)$	200	400	150	300
$S_{ch} = P_{ch} + jQ_{ch}$	0	0	0	0
$Q_2^*$	0.445	0.445	0.445	0.445
$Q_c^*$	-0.445	-0.445	-0.445	-0.445
$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$	0+j0.445	0+j0.445	0+j0.445	0+j0.445

Tableau III. 5

#### ✓ Ligne de 1000 Km

$U_n$ (Kv)	700			
n	3		4	
$F(mm^2)$	200	400	150	300
$S_{ch} = P_{ch} + jQ_{ch}$	0	0	0	0
$Q_2^*$	0.577	0.577	0.577	0.577
$Q_c^*$	-0.577	-0.577	-0.577	-0.577
$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$	0+j0.577	0+j0.577	0+j0.577	0+j0.577

Tableau III. 6

D'après les résultats des tableaux (III.4, III.5 et III.6) on constate que l'augmentation du ( $ku$ ), (Le rapport entre les tensions  $U_1$  et  $U_2$ ), entraîne une augmentation de la puissance réactive de la ligne ( $Q_2^*$ ), et une diminution de la puissance réactive de la compensation.

## Chapitre III : Control de la tension par l'énergie réactive

### III.2.1.3. Puissance de compensation pour $ku=1.05$

✓ **Ligne de 600 Km**

$U_n$ (Kv)	500			
n	3		4	
$F(mm^2)$	200	400	150	300
$S_{ch} = P_{ch} + jQ_{ch}$	0	0	0	0
$Q_2^*$	0.410	0.410	0.410	0.410
$Q_c^*$	-0.410	-0.410	-0.410	-0.410
$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$	0+j0.410	0+j0.410	0+j0.410	0+j0.410

Tableau III. 7

✓ **Ligne de 800 Km**

$U_n$ (Kv)	600			
n	3		4	
$F(mm^2)$	200	400	150	300
$S_{ch} = P_{ch} + jQ_{ch}$	0	0	0	0
$Q_2^*$	0.513	0.513	0.513	0.513
$Q_c^*$	-0.577	-0.577	-0.577	-0.513
$S_7^* = P_7^* + jQ_7^*$	0+j0.513	0+j0.513	0+j0.513	0+j0.513

Tableau III. 8

✓ **Ligne de 1000 Km**

$U_n$ (Kv)	700			
n	3		4	
$F(mm^2)$	200	400	150	300
$S_{ch} = P_{ch} + jQ_{ch}$	0	0	0	0
$Q_2^*$	0.635	0.635	0.635	0.635
$Q_c^*$	-0.635	-0.635	-0.635	-0.635
$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$	0+j0.635	0+j0.635	0+j0.635	0+j0.635

Tableau III. 9

D'après les résultats des tableaux précédents (III.1, jusqu'au III.9) on constate que dans les cas de régime à vide, les puissances de la ligne ( $Q_2^*$ ) ne changent pas quelque soit la section ou le nombre de conducteur on considère donc par l'exemple, la distribution de potentiel pour un seul cas; doit  $F = 200mm^2$ .

## III.2.2. Régime en charge

### III.2.2.1. Puissance de compensation pour $ku=0.95$

#### ✓ Ligne de 600 Km

$U_n$ (Kv)	500			
n	3		4	
$F(mm^2)$	200	400	150	300
$S_{ch} = P_{ch} + jQ_{ch}$	1.2+j1	1.17+j0.97	1.1+j0.92	1.08+j0.90
$Q_2^*$	-0.294	-0.261	-0.192	-0.174
$Q_c^*$	1.294	1.231	1.112	1.074
$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$	1.2-j0.294	1.17-j0.261	1.1-j0.192	1.08-j0.174

Tableau III. 10

#### ✓ Ligne de 800 Km

$U_n$ (Kv)	600			
n	3		4	
$F'(mm^2)$	200	400	150	300
$S_{ch} = P_{ch} + jQ_{ch}$	0.83+j0.69	0.81+j0.67	0.77+j0.64	0.75+j0.63
$Q_2^*$	0.072	0.088	0.120	0.135
$Q_c^*$	0.618	0.581	0.520	0.495
$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$	0.83+j0.072	0.81+j0.088	0.77+j0.120	0.75+j0.135

Tableau III. 11

#### ✓ Ligne de 1000 Km

$U_n$ (Kv)	700			
n	3		4	
$F(mm^2)$	200	400	150	300
$S_{ch} = P_{ch} + jQ_{ch}$	0.61+j0.51	0.60+j0.50	0.56+j0.47	0.55+j0.46
$Q_2^*$	0.334	0.341	0.366	0.372
$Q_c^*$	0.175	0.159	0.104	0.088
$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$	0.61+j0.334	0.60+j0.341	0.56+j0.366	0.55+j0.372

Tableau III. 12

D'après les résultats des tableaux (III.10, III.11 et III.12) on constate que l'augmentation de la longueur entraîne une augmentation de la puissance réactive de la ligne ( $Q_2^*$ ) et une diminution de la puissance réactive de la compensation.

## Chapitre III : Control de la tension par l'énergie réactive

### III.2.2.2. Puissance de compensation pour =1

#### ✓ Ligne de 600 Km

$U_n$ (Kv)	500			
n	3		4	
$F(mm^2)$	200	400	150	300
$S_{ch} = P_{ch} + jQ_{ch}$	1.2+j1	1.17+j0.17	1.1+j0.92	1.08+j0.90
$Q_2^*$	-0.170	-0.141	-0.078	-0.062
$Q_c^*$	1.170	1.111	0.998	0.962
$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$	1.2-j0.170	1.17-j0.141	1.1-j0.078	1.08+j0.062

Tableau III. 13

#### ✓ Ligne de 800 Km

$U_n$ (Kv)	600			
n	3		4	
$F(mm^2)$	200	400	150	300
$S_{ch} = P_{ch} + jQ_{ch}$	0.83+j0.69	0.81+j0.67	0.77+j0.64	0.75+j0.63
$Q_2^*$	0.158	0.174	0.203	0.217
$Q_c^*$	0.532	0.496	0.437	0.413
$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$	0.83+j0.158	0.81+j0.174	0.77+j0.203	0.75+j0.217

Tableau III. 14

#### ✓ Ligne de 1000 Km

$U_n$ (Kv)	700			
n	3		4	
$F(mm^2)$	200	400	150	300
$S_{ch} = P_{ch} + jQ_{ch}$	0.61+j0.51	0.60+j0.50	0.56+j0.47	0.55+j0.46
$Q_2^*$	0.403	0.409	0.432	0.438
$Q_c^*$	0.107	0.091	0.038	0.022
$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$	0.61+j0.403	0.60+j0.409	0.56+j0.432	0.55+j0.438

Tableau III. 15

D'après les résultats des tableaux (III.13, III.14 et III.15) on constate que l'augmentation du  $ku$  (le rapport entre les tensions  $U_1$  et  $U_2$ ) entraîne une augmentation de la puissance réactive de la ligne ( $Q_2^*$ ) et une diminution de la puissance réactive de la compensation.

### III.2.2.3. Puissance de compensation pour $ku=1.05$

✓ **Ligne de 600 Km**

$U_n$ (Kv)	500			
n	3		4	
$F(mm^2)$	200	400	150	300
$S_{ch} = P_{ch} + jQ_{ch}$	1.2+j1	1.17+j0.97	1.1+j0.92	1.08+j0.90
$Q_2^*$	-0.053	-0.026	0.031	0.046
$Q_c^*$	1.053	1.023	0.889	0.854
$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$	1.2-j0.053	1.17-j0.026	1.1+j0.031	1.08+j0.046

Tableau III. 16

✓ **Ligne de 800 Km**

$U_n$ (Kv)	600			
n	3		4	
$F(mm^2)$	200	400	150	300
$S_{ch} = P_{ch} + jQ_{ch}$	0.83+j0.69	0.81+j0.67	0.77+j0.64	0.75+j0.63
$Q_2^*$	0.243	0.257	0.284	0.297
$Q_c^*$	0.447	0.413	0.356	0.333
$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$	0.83+j0.243	0.81+j0.257	0.77+j0.284	0.75+j0.297

Tableau III. 17

✓ **Ligne de 1000 Km**

$U_n$ (Kv)	700			
n	3		4	
$F(mm^2)$	200	400	150	300
$S_{ch} = P_{ch} + jQ_{ch}$	0.61+j0.51	0.60+j0.50	0.56+j0.47	0.55+j0.46
$Q_2^*$	0.470	0.476	0.498	0.503
$Q_c^*$	0.040	0.023	-0.028	-0.043
$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$	0.61+j0.470	0.60+j0.476	0.56+j0.498	0.55+j0.503

Tableau III. 18

### III.1. Control de la tension par le réactif

On va recalculer la tension au long de la ligne pour les trois modèles de lignes avec leurs différentes configurations mais on utilise les nouvelles valeurs de la puissance réactive ( $Q_2^*$ ) dans la formule suivante : [8]

$$\dot{U}(x) = \cos \alpha_0 x + Q_2^* \sin \alpha_0 x + jP_2^* \sin \alpha_0 x \quad (3.3)$$

### III.3.1. Régime à vide

#### III.3.1.1. Ligne de 600 Km

✓ Pour  $ku=0.95$

$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$		0+j0.495
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$
0	0	1
100	6	1.0196
200	12	1.0280
300	18	1.0252
400	24	1.0111
500	30	0.9860
600	36	0.9500

Tableau III. 19

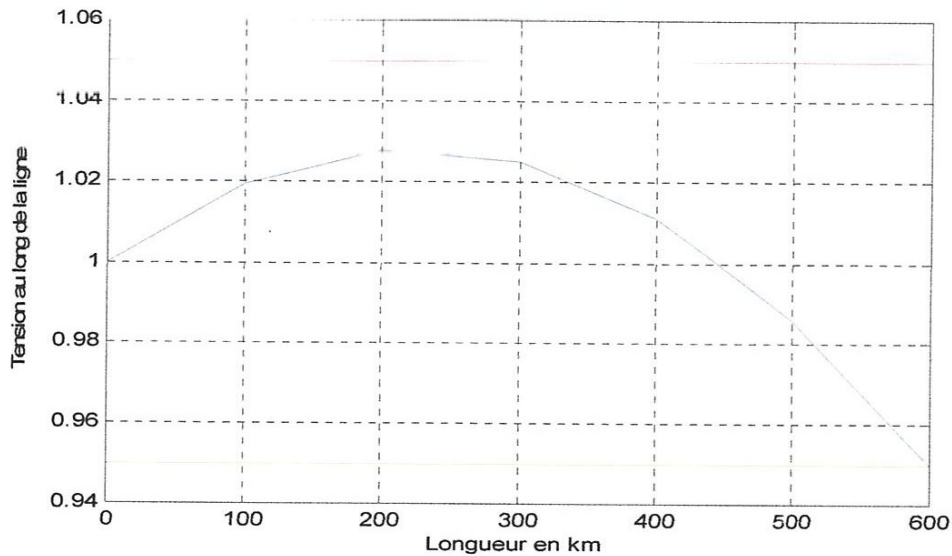


Fig III. 1 : Epure du potentiel après compensation ( $ku=0.95$ )

✓ Pour  $ku=1$

$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$		0+j0.325
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$
0	0	1
100	6	1.028
200	12	1.045

## Chapitre III : Control de la tension par l'énergie réactive

300	18	1.051
400	24	1.045
500	30	1.028
600	36	1

Tableau III. 20

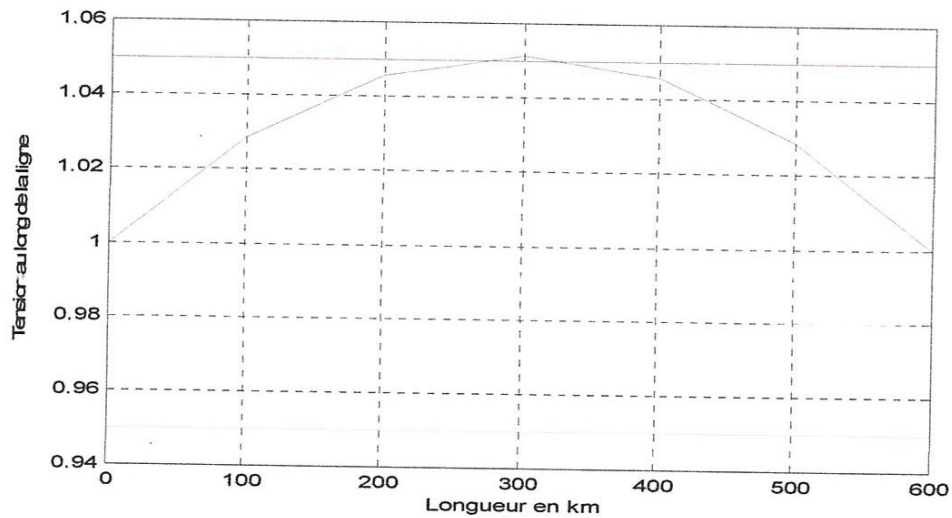


Fig III. 2 : Epure du potentiel après compensation (ku=1)

✓ Pour  $ku=1.05$

$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$		0+j0.406
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$
0	0	1
100	6	1.037
200	12	1.063
300	18	1.078
400	24	1.080
500	30	1.071
600	36	1.05

Tableau III. 21

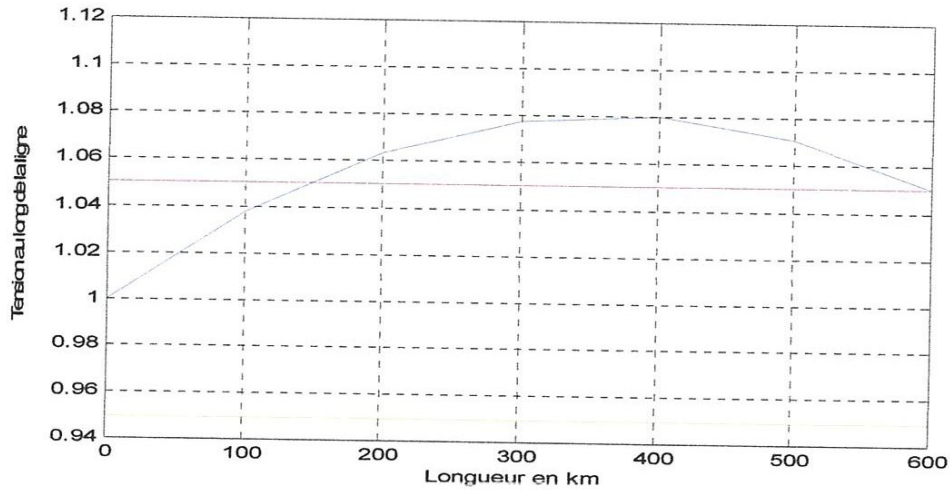


Fig III. 3 : Epure du potentiel après compensation ( $ku=1.05$ )

D'après les résultats des tableaux (III.19, III.20 et III.21) et toujours pour un écart  $\Delta U\% = \pm 5\%$  on voit que la tension reste dans les limites admissibles pour  $ku=0.95$  et sort des limites pour ( $ku=1$  et  $ku=1.05$ )

### III.3.1.2. ligne de 800 Km

✓ Pour  $ku=0.95$

$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$		$0+j0.580$
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$
0	0	1
100	6	1.0340
200	12	1.0567
300	18	1.0678
400	24	1.0673
500	30	1.0550
600	36	1.0312
700	42	0.9960
800	48	0.9500

Tableau III. 22



## Chapitre III : Control de la tension par l'énergie réactive

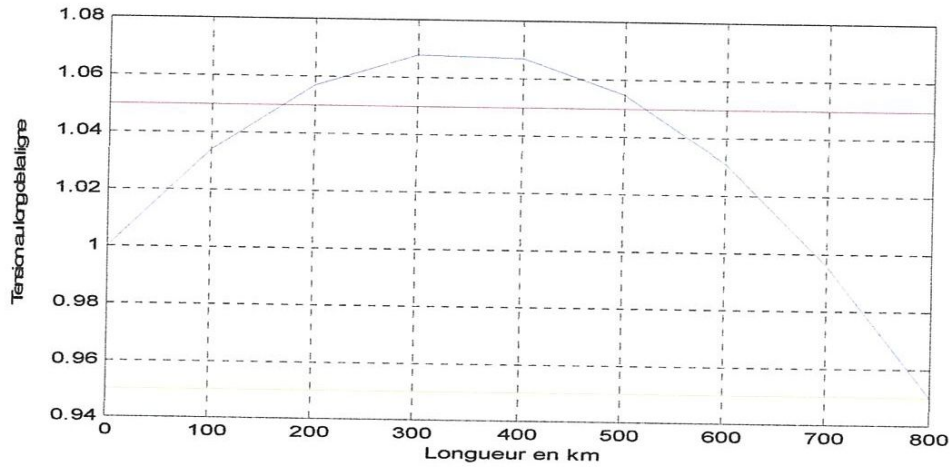


Fig III. 4 : Epure du potentiel après compensation (ku=0.95)

✓ Pour  $ku = 1$

$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$		$0 + j0.445$
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$
0	0	1
100	6	1.041
200	12	1.070
300	18	1.088
400	24	1.094
500	30	1.088
600	36	1.070
700	42	1.048
800	48	1

Tableau III. 23

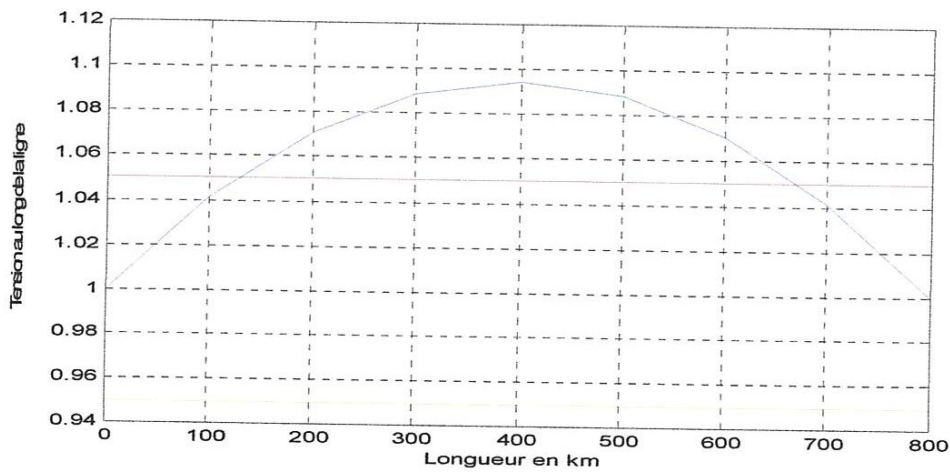


Fig III. 5 : Epure du potentiel après compensation (ku=1)

✓ Pour  $ku=1.05$

$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$		$0+j0.513$
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$
0	0	1
100	6	1.050
200	12	1.086
300	18	1.11
400	24	1.122
500	30	1.122
600	36	1.11
700	42	1.086
800	48	1.050

Tableau III. 24

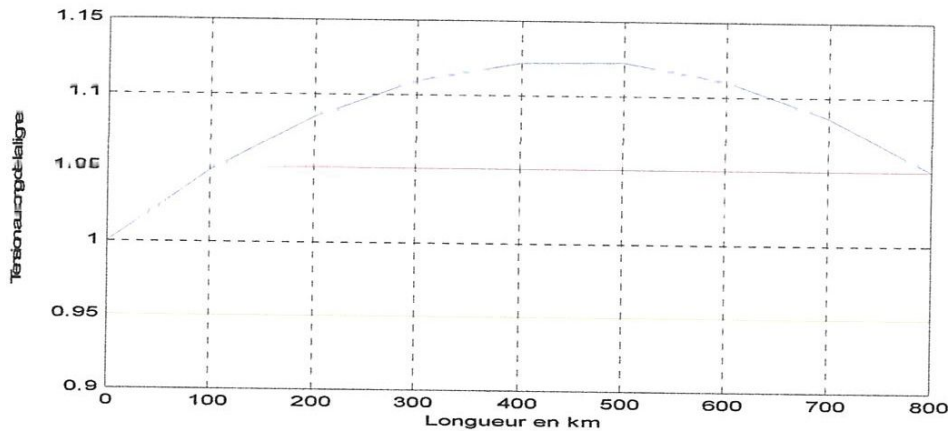


Fig III. 6 : Epure du potentiel après compensation ( $ku=1.05$ )

On constate d'après les résultats des tableaux (III.22, III.23 et III.24), et toujours avec un écart  $\Delta U\% = \pm 5\%$ , que la tension ne reste pas dans les limites admissibles pour une compensation à la fin de la ligne avec les trois valeurs de  $ku$  (0.95, 1 et 1.05)

Dans ce cas la on doit chercher d'autres solutions ; comme par exemple, la compensation au milieu de la ligne conformément à la formules suivante : [9]

$$Q_2^* = -ctg\left(\frac{\alpha_0 l}{2}\right) + \sqrt{\left(\frac{ku}{\sin\left(\frac{\alpha_0 l}{2}\right)}\right)^2 - P_2^{*2}} \quad (3.4)$$

$U_n$ (Kv)	600		
$ku$	0.95	1	1.05
$S_{ch} = P_{ch} + jQ_{ch}$	0	0	0
$Q_2^*$	0.0896	0.213	0.3355
$Q_c^*$	-0.0896	-0.213	-0.3355
$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$	0+j0.0896	0+j0.213	0+j0.3355

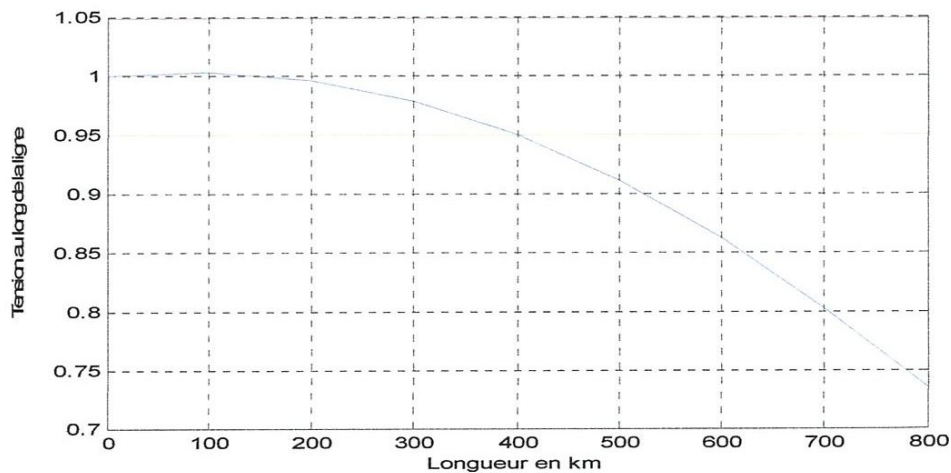
**Tableau III. 25**

D'après les résultats du tableau III.25 on constate que la valeur de ( $Q_2^*$ ) pour une compensation au milieu de la ligne est très petite de celle à la fin.

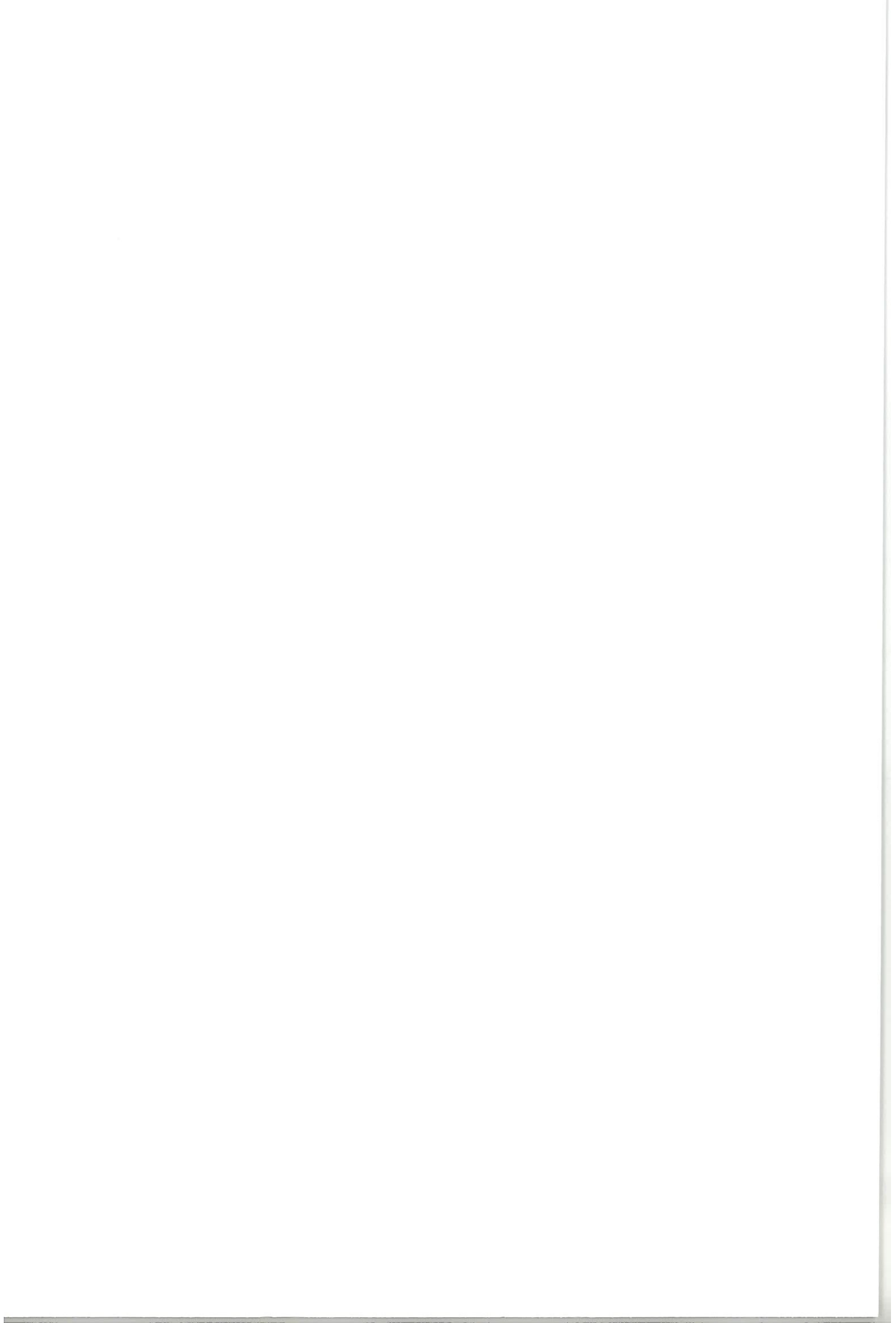
✓ Pour  $ku = 0.95$

$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$		0+j0.0896
$x$ (Km)	$\alpha_0 x$	$U(x)$
0	0	1.0000
100	6	1.0039
200	12	0.9968
300	18	0.9788
400	24	0.9500
500	30	0.9108
600	36	0.8617
700	42	0.8031
800	48	0.7357

**Tableau III. 26**



**Fig III. 7 : Epure du potentiel après compensation au milieu de ligne (ku=0.95)**



## Chapitre III : Control de la tension par l'énergie réactive

✓ Pour  $ku=1$

$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$		$0+j0.213$
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$
0	0	1.0000
100	6	1.0167
200	12	1.0223
300	18	1.0167
400	24	1.0000
500	30	0.9723
600	36	0.8854
700	42	0.9340
800	48	0.8271

Tableau III. 27

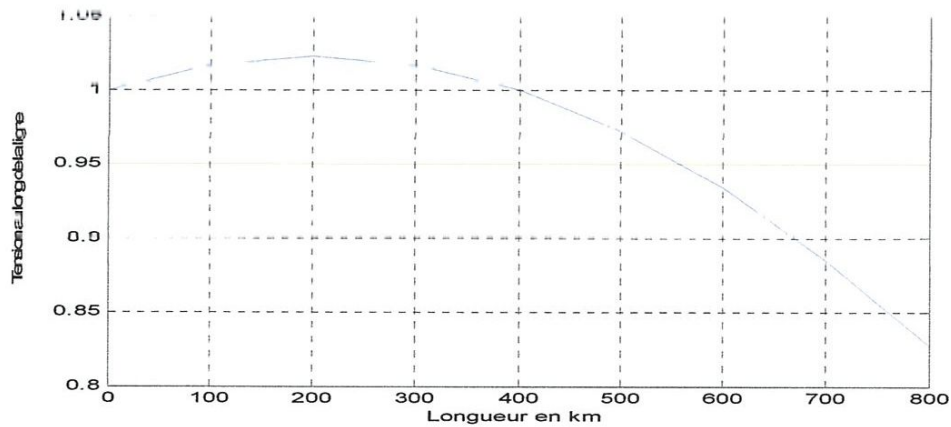


Fig III. 8 : Epure du potentiel après compensation au milieu de ligne ( $ku=1$ )

✓ Pour  $ku = 1.05$

$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$		$0+j0.3355$
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$
0	0	1.0000
100	6	1.0296
200	12	1.0479
300	18	1.0547
400	24	1.0500
500	30	1.0062
600	36	0.8854
700	42	0.9676
800	48	0.9184

Tableau III. 28

## Chapitre III : Control de la tension par l'énergie réactive

✓ Pour  $ku=1$

$S_2^{*} = P_2^* + jQ_{im}^*$		0+j0.213
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$
0	0	1.0000
100	6	1.0167
200	12	1.0223
300	18	1.0167
400	24	1.0000
500	30	1.0167
600	36	1.0223
700	42	1.0167
800	48	1.0000

Tableau III. 31

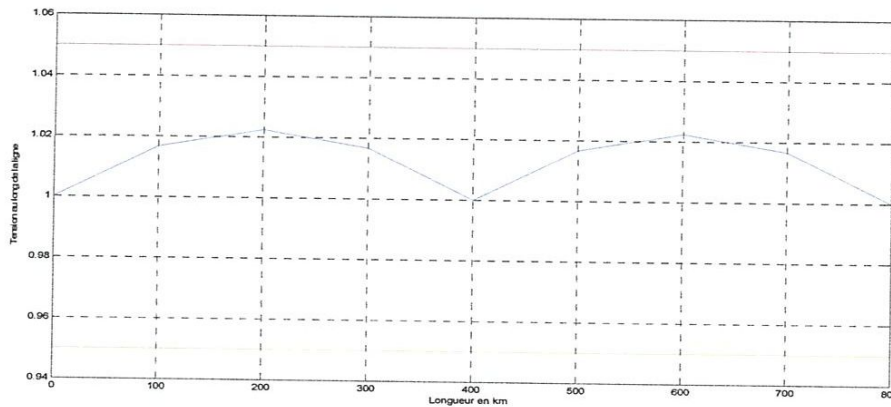
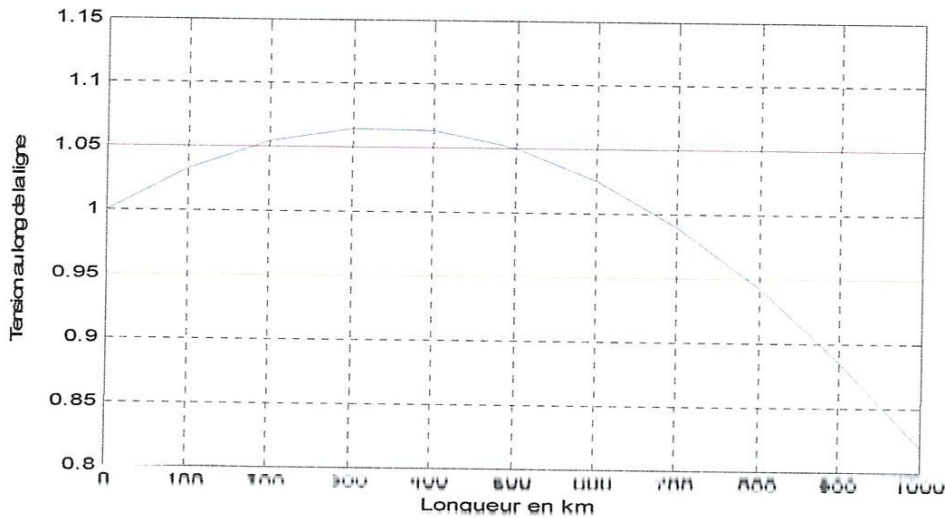


Figure III. 11 Epure du potentiel après compensation au milieu de ligne ( $ku=1$ )

✓ Pour  $ku=1.05$

$S_2^{*} = P_2^* + jQ_{im}^*$		0+j0.3355
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$
0	0	1.0000
100	6	1.0296
200	12	1.0479
300	18	1.0547
400	24	1.0500
500	30	1.0547
600	36	1.0479
700	42	1.0296
800	48	1.0000

Tableau III. 32



**Fig III. 18 : Epure du potentiel après compensation au milieu de la ligne (Ku=1.05)**

On constate d'après les résultats des tableaux (III.37, III.38 et III.39) que la tension n'est pas encore dans les limites admissibles même avec la compensation au milieu de la ligne.

Dans ce cas on fait une autre compensation au milieu de la ligne mais juste pour la partie qui sort des limites (de 600 jusqu'à 1000 km) en utilisant la formule suivante :

$$Q_{1m}^* = -ctg\left(\frac{\alpha_0 l}{2}\right) + \sqrt{\left(\frac{ku}{\sin\left(\frac{\alpha_0 l}{2}\right)}\right)^2 - P_2^{*2}} \quad (3.9)$$

Et

$$Q_c^* = Q_{1m}^* - Q_{2m}^* \quad (3.10)$$

Où

$$Q_{2m}^* = ku^2 * ctg\left(\frac{\alpha_0 l}{2}\right) - \sqrt{\left(\frac{ku}{\sin\left(\frac{\alpha_0 l}{2}\right)}\right)^2 - P_2^{*2}} \quad (3.11)$$

✓ Pour  $ku=1$

$S_2^{*} = P_2^* + jQ_{1m}^*$		$0+j0.2680$
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$
0	0	1.0000
100	6	1.0225
200	12	1.0339
300	18	1.0339
400	24	1.0225
500	30	1.0000
600	36	1.0225
700	42	1.0339
800	48	1.0339
900	54	1.0225
1000	60	1.0000

Tableau III. 42

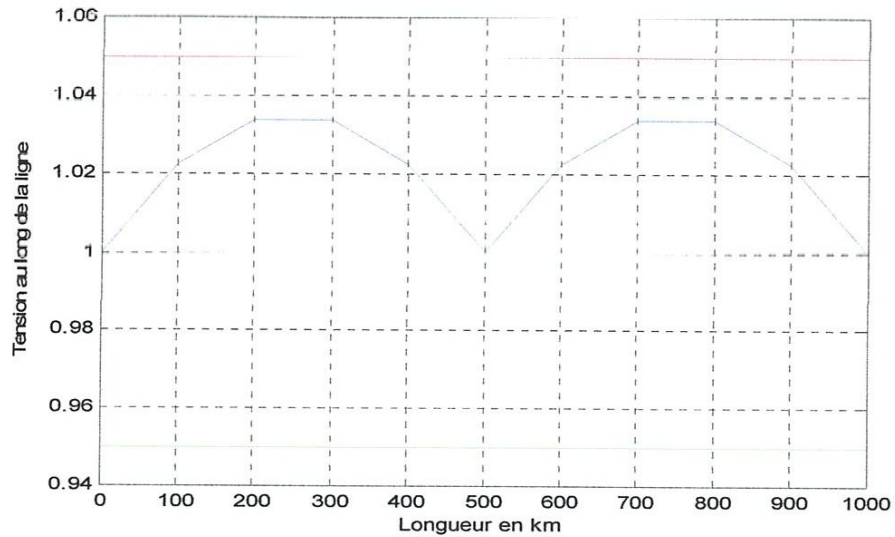


Fig III. 20 : Epure du potentiel après compensation au milieu de la ligne ( $Ku=1$ )



## Chapitre III : Control de la tension par l'énergie réactive

✓ Pour  $ku=1.05$

$S_2^* = P_2^* + jQ_{1m}^*$		$0+j0.3680$
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$
0	0	1.0000
100	6	1.0330
200	12	1.0546
300	18	1.0648
400	24	1.0632
500	30	1.0500
600	36	1.0632
700	42	1.0648
800	48	1.0546
900	54	1.0330
1000	60	1.0000

Tableau III. 43

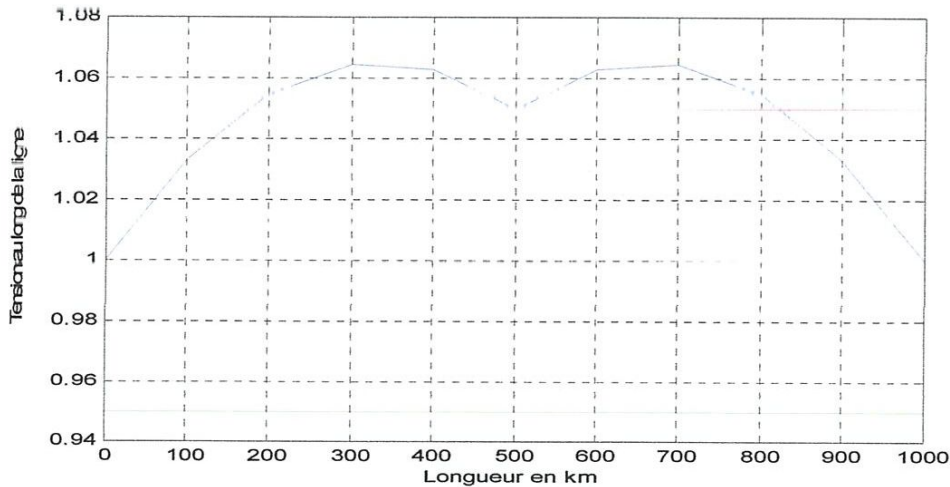


Fig III. 21 : Epure du potentiel après compensation au milieu de la ligne ( $Ku=1.05$ )

D'après les résultats des tableaux (III.40 jusqu'à III.43) on constate que la tension est entrée dans les limites admissibles après une autre compensation au milieu de la ligne mais juste pour les deux valeurs de ( $ku$ ) (0.95 et 1), on peut mettre la tension dans les limites admissibles pour  $ku=1.05$  avec une autre compensation (troisième compensation) dans le milieu de chaque partie.

III.3.2. Régime en charge

III.3.2.1.ligne de 600 Km

✓ Pour  $ku=0.95$

$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$		1.2-j0.294	1.17-j0.261	1.1-j0.192	1.08-j0.174
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$
0	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
100	6	0.9719	0.9749	0.9812	0.9828
200	12	0.9504	0.9554	0.9657	0.9684
300	18	0.9367	0.9425	0.9543	0.9573
400	24	0.9320	0.9372	0.9477	0.9504
500	30	0.9365	0.9398	0.9463	0.9479
600	36	0.9500	0.9500	0.9500	0.9500

Tableau III. 44

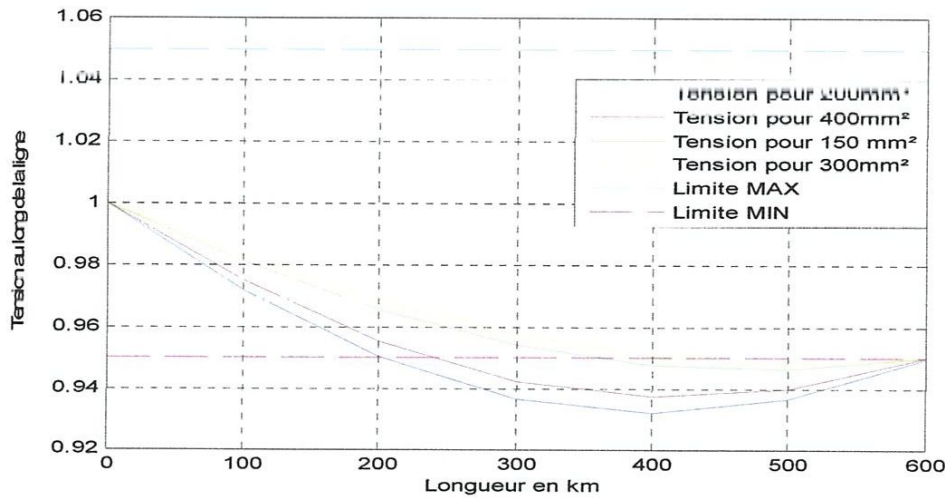


Fig III. 22 : Epure du potentiel après compensation (Ku=0.95)

✓ Pour  $ku=1$

$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$		1.2-j0.17	1.17-j0.141	1.1-j0.078	1.08+j0.062
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$
0	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
100	6	0.9848	0.9874	0.9930	0.9945
200	12	0.9753	0.9795	0.9887	0.9910
300	18	0.9720	0.9769	0.9873	0.9899
400	24	0.9753	0.9795	0.9887	0.9910
500	30	0.9848	0.9874	0.9930	0.9945
600	36	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Tableau III. 45

## Chapitre III : Control de la tension par l'énergie réactive

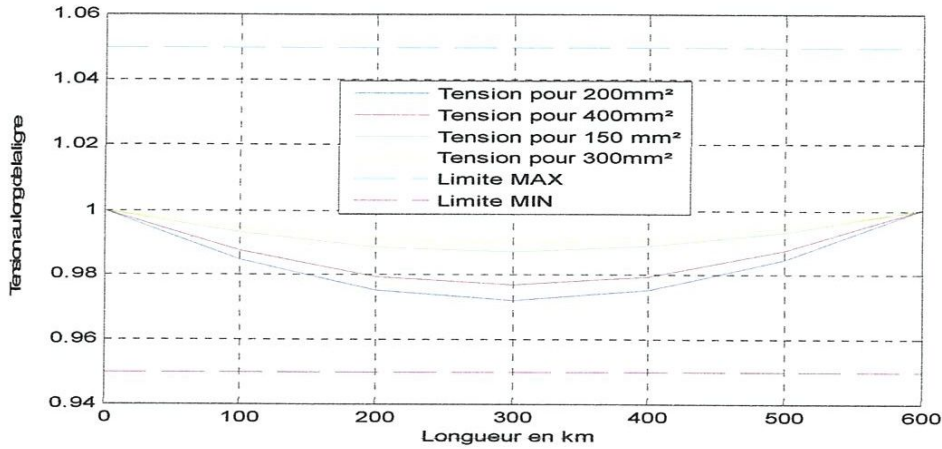


Fig III. 23 : Epure du potentiel après compensation (Ku=1)

✓ Pour  $ku=1.05$

$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$		1.2-j0.053	1.17-j0.026	1.1+j0.031	1.08+j0.046
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$
0	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
100	6	0.9970	0.9990	1.0040	1.0050
200	12	0.9990	1.0020	1.0110	1.0130
300	18	1.0050	1.0100	1.0190	1.0210
400	24	1.0170	1.0210	1.0280	1.0310
500	30	1.0310	1.0340	1.0390	1.0400
600	36	1.0500	1.0500	1.0500	1.0500

Tableau III. 46

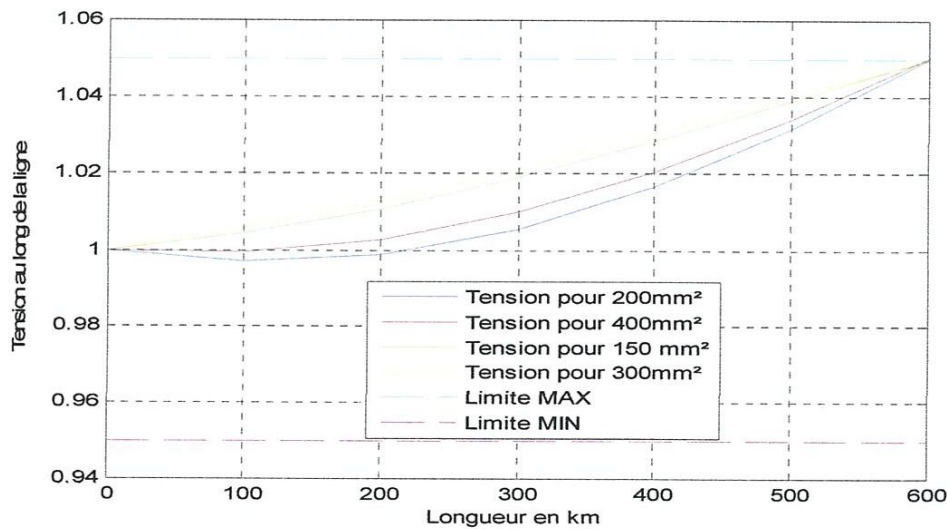


Fig III. 24 : Epure du potentiel après compensation (ku=1.05)

## Chapitre III : Control de la tension par l'énergie réactive

On constate, d'après les résultats des tableaux (III.44, III.45 et III.46) et toujours pour un écart admissible  $\Delta U\% = \pm 5\%$  que, après la compensation a la fin de la ligne de 600 Km, la tension reste dans les limites admissibles pour un rapport entre les tensions U1 et U2 (ku=1.05) et sort des limites pour les autres valeurs de Ku (0.95 et 1)

### III.3.2.2. ligne de 800 Km

✓ Pour ku=0.95

$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$		0.83+j0.072	0.81+j0.088	0.77+j0.120	0.75+j0.135
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$
0	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
100	6	1.0058	1.0073	1.0103	1.0117
200	12	1.0080	1.0106	1.0158	1.0182
300	18	1.0065	1.0098	1.0164	1.0195
400	24	1.0014	1.0049	1.0120	1.0154
500	30	0.9929	0.9961	1.0029	1.0060
600	36	0.9812	0.9836	0.9892	0.9917
700	42	0.9668	0.9680	0.9713	0.9729
800	48	0.9500	0.9500	0.9500	0.9500

Tableau III. 47

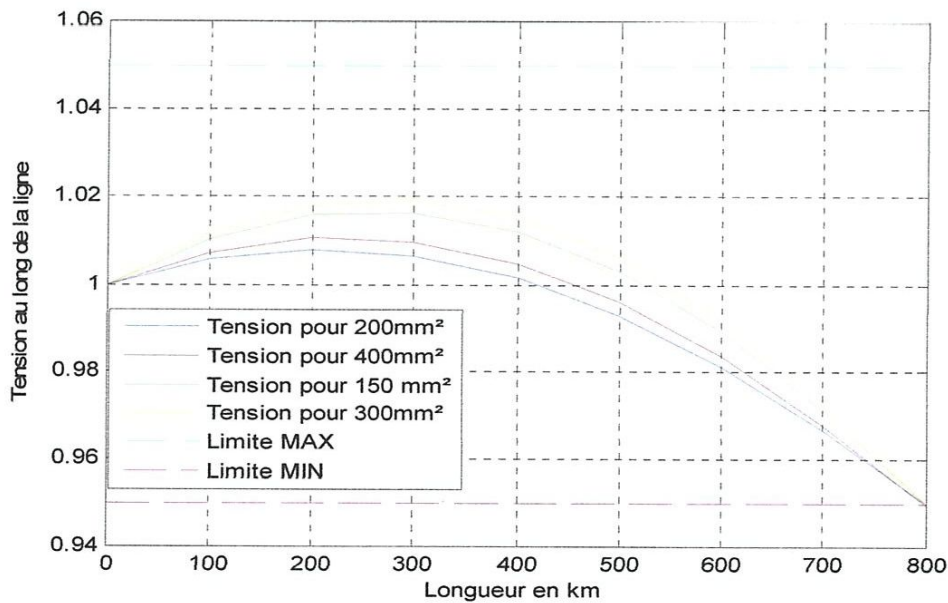


Fig III. 25 : Epure du potentiel après compensation (ku=0.95)

## Chapitre III : Control de la tension par l'énergie réactive

✓ Pour  $ku=1$

$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$		0.83+j0.158	0.81+j0.174	0.77+j0.203	0.75+j0.217
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$
0	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
100	6	1.0148	1.0162	1.0189	1.0202
200	12	1.0256	1.0282	1.0328	1.0351
300	18	1.0323	1.0355	1.0413	1.0442
400	24	1.0344	1.0380	1.0442	1.0472
500	30	1.0321	1.0355	1.0413	1.0442
600	36	1.0254	1.0282	1.0328	1.0351
700	42	1.0144	1.0162	1.0189	1.0202
800	48	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Tableau III. 48

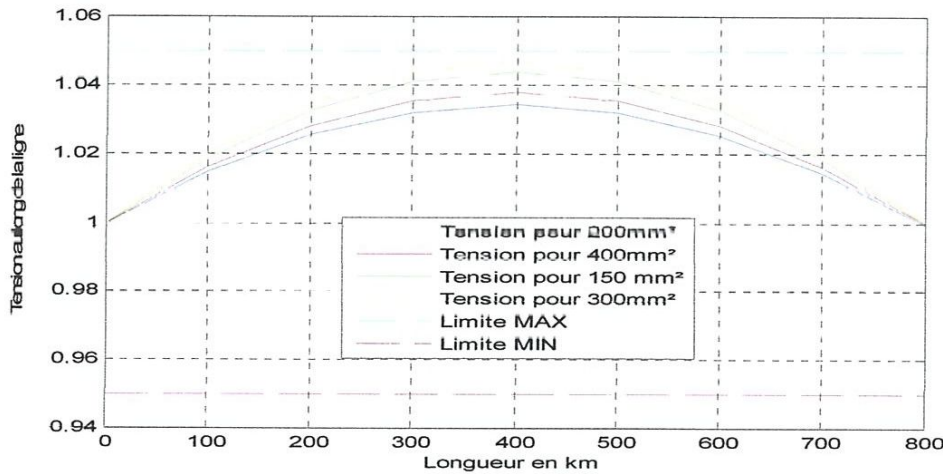
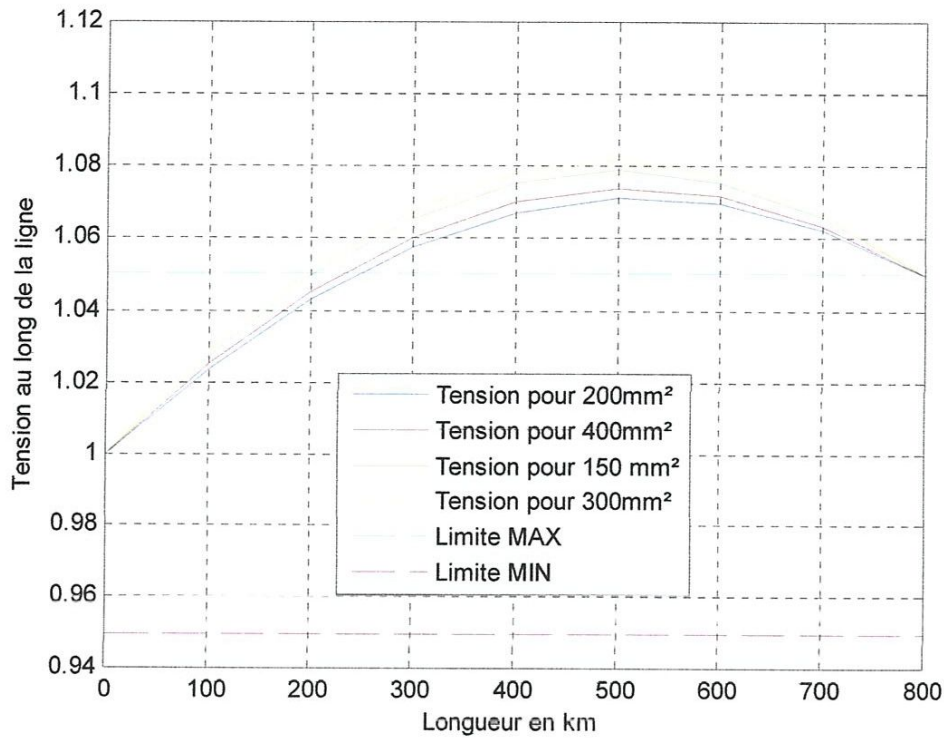


Fig III. 26 : Epure du potentiel après compensation ( $ku=1$ )

✓ Pour  $ku=1.05$

$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$		0.83+j0.243	0.81+j0.257	0.77+j0.284	0.75+j0.297
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$
0	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
100	6	1.0236	1.0249	1.0274	1.0286
200	12	1.0430	1.0452	1.0495	1.0515
300	18	1.0577	1.0604	1.0657	1.0683
400	24	1.0672	1.0701	1.0757	1.0784
500	30	1.0712	1.0738	1.0790	1.0816
600	36	1.0696	1.0716	1.0758	1.0779
700	42	1.0625	1.0636	1.0660	1.0672
800	48	1.0500	1.0500	1.0500	1.0500

Tableau III. 49



**Fig III. 27 : Epure du potentiel après compensation (ku=1.05)**

D'après les résultats des tableaux (III.48, III.49 et III.50) on constate que la tension reste dans les limites admissibles  $\Delta U\% = \pm 5\%$  pour  $ku=0.95$  et  $ku=1$  et sort des limites pour  $ku=1.05$ .

### III.3.2.3. Ligne de 1000 Km

✓ Pour  $ku=0.95$

$S^* = P_2^* + jQ_2^*$		0.61+j0.334	0.60+j0.341	0.56+j0.366	0.55+j0.372
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$
0	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
100	6	1.0314	1.0321	1.0344	1.0350
200	12	1.0552	1.0564	1.0607	1.0617
300	18	1.0710	1.0726	1.0781	1.0795
400	24	1.0783	1.0802	1.0866	1.0881
500	30	1.0771	1.0791	1.0858	1.0874
600	36	1.0674	1.0693	1.0757	1.0773
700	42	1.0493	1.0510	1.0567	1.0581
800	48	1.0232	1.0246	1.0290	1.0301
900	54	0.9898	0.9907	0.9932	0.9939
1000	60	0.9500	0.9500	0.9500	0.9500

**Tableau III. 50**

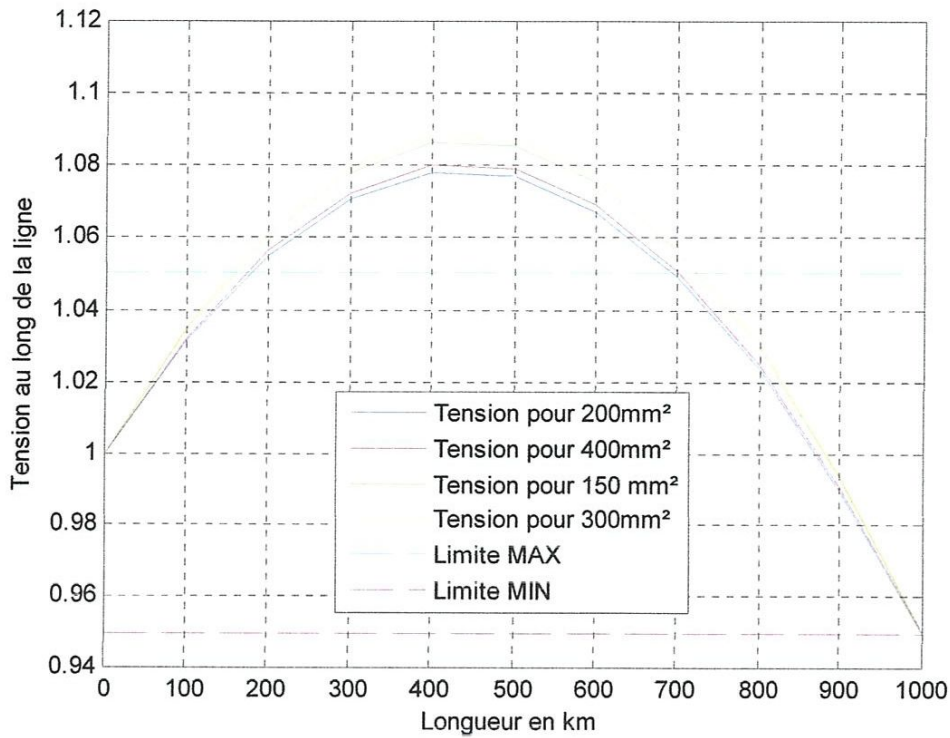


Fig III. 28 : Epure du potentiel après compensation (ku=0.95)

✓ Pour  $ku=1$

$S^* = P_2^* + jQ_2^*$		0.61+j0.403	0.60+j0.409	0.56+j0.432	0.55+j0.438
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$
0	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
100	6	1.0386	1.0392	1.0413	1.0419
200	12	1.0695	1.0705	1.0743	1.0753
300	18	1.0920	1.0933	1.0983	1.0996
400	24	1.1057	1.1071	1.1128	1.1144
500	30	1.1102	1.1118	1.1177	1.1193
600	36	1.1056	1.1071	1.1128	1.1144
700	42	1.0920	1.0933	1.0983	1.0996
800	48	1.0695	1.0705	1.0743	1.0753
900	54	1.0386	1.0392	1.0413	1.0419
1000	60	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Tableau III. 51

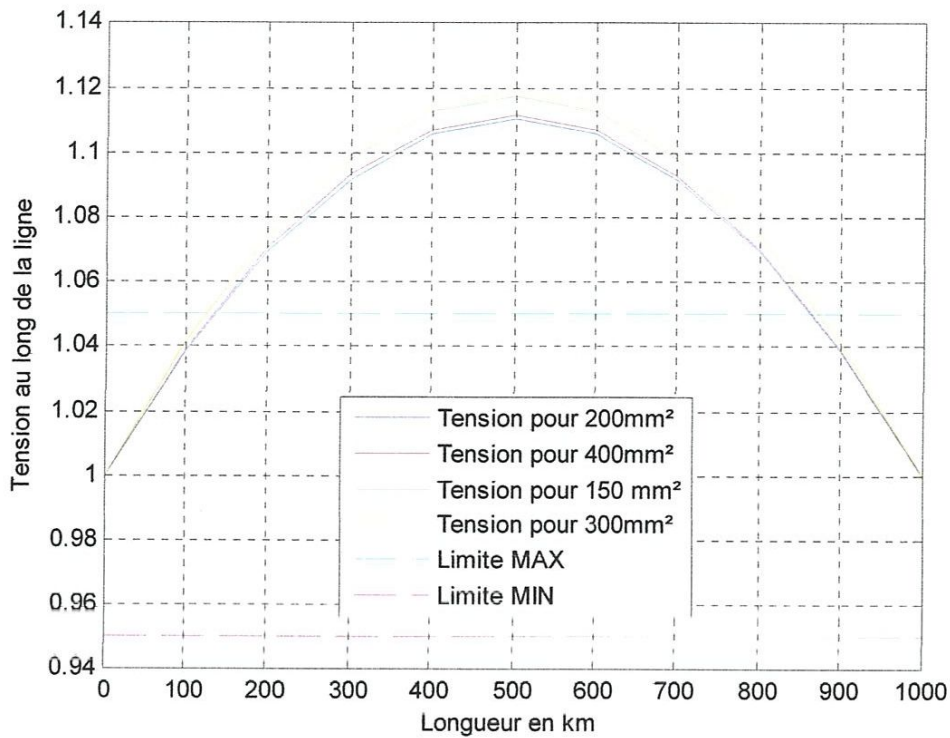


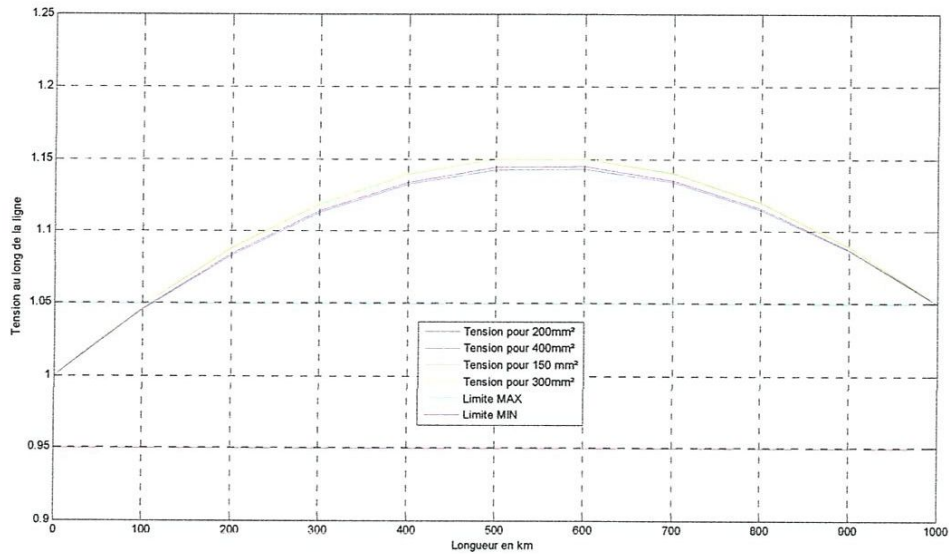
Fig III. 29 : Epure du potentiel après compensation (ku=1)

✓ Pour  $ku=1.05$

$S^* = P_2^* + jQ_2^*$		0.61+j0.470	0.60+j0.476	0.56+j0.498	0.55+j0.503
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$
0	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
100	6	1.0456	1.0462	1.0482	1.0487
200	12	1.0833	1.0843	1.0879	1.0887
300	18	1.1124	1.1137	1.1184	1.1195
400	24	1.1322	1.1337	1.1391	1.1403
500	30	1.1425	1.1441	1.1496	1.1509
600	36	1.1430	1.1445	1.1499	1.1510
700	42	1.1337	1.1350	1.1397	1.1407
800	48	1.1147	1.1158	1.1194	1.1202
900	54	1.0873	1.0873	1.0894	1.0897
1000	60	1.0500	1.0500	1.0500	1.0500

Tableau III. 52





**Fig III. 30 : Epure du potentiel après compensation (ku=1.05)**

D'après les résultats des tableaux (III.25, III.26 et III.27) on constate que la tension sont des limites admissibles ( $\Delta U\% = \pm 5\%$ ) après la compensation a la fin de la ligne pour toutes les valeurs de ku (0.95, 1 et 1.05).

Dans ce cas la on doit chercher d'autres solutions, par exemple la compensation au milieu de la ligne, conformément à la formule suivante :

$$Q_2^* = -ctg\left(\frac{\alpha_0 l}{2}\right) + \sqrt{\left(\frac{ku}{\sin\left(\frac{\alpha_0 l}{2}\right)}\right)^2 - P_2^{*2}} \quad (3.12)$$

✓ Pour ku=0.95

n	3		4	
$F(mm^2)$	200	400	150	300
$S_{ch} = P_{ch} + jQ_{ch}$	0.61+j0.51	0.60+j0.50	0.56+j0.47	0.55+j0.46
$Q_2^*$	0.0674	0.0707	0.0835	0.0886
$Q_c^*$	0.4426	0.4293	3865	0.3734
$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$	0.61+j0.0674	0.60+j0.0707	0.56+j0.0835	0.55+j0.0886

**Tableau III. 53**

## Chapitre III : Control de la tension par l'énergie réactive

- **Distribution du potentiel**

$S^* = P_2^* + jQ_2^*$		0.61+j0.0674	0.60+j0.0707	0.56+j0.0835	0.55+j0.0886
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$
0	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
100	6	1.0036	1.0039	1.0050	1.0054
200	12	1.0002	1.0007	1.0023	1.0031
300	18	0.9900	0.9904	0.9921	0.9931
400	24	0.9731	0.9734	0.9745	1.1403
500	30	0.9500	0.9500	0.9500	0.9500
600	36	0.9213	0.9208	0.9191	0.9198
700	42	0.8877	0.8866	0.8825	0.8828
800	48	0.8502	0.8483	0.8413	0.8410
900	54	0.8100	0.8072	0.7967	0.7955
1000	60	0.7687	0.7648	0.7502	0.7480

Tableau III. 54

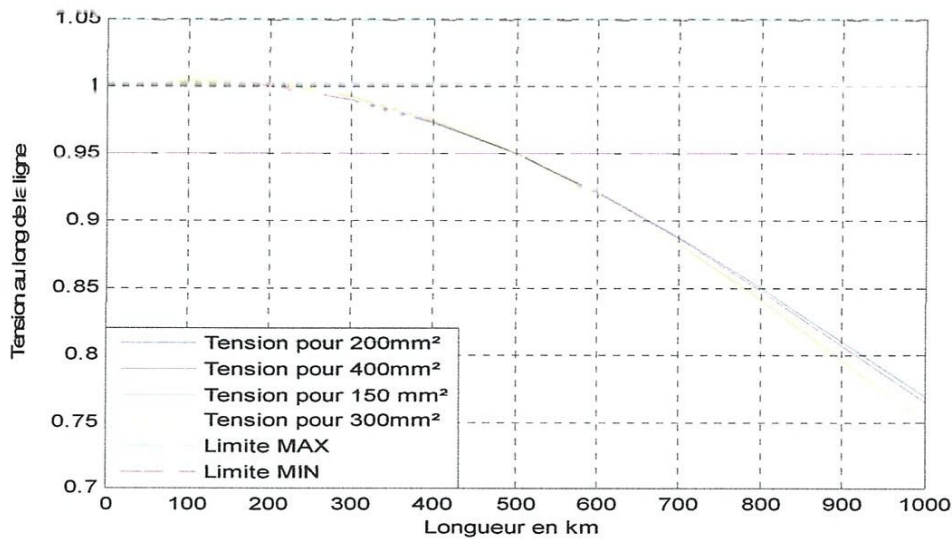


Fig III. 31 : Epure du potentiel après compensation au milieu de la ligne (ku=0.95)

✓ Pour  $ku=1$

N	3		4	
$F(mm^2)$	200	400	150	300
$S_{ch} = P_{ch} + jQ_{ch}$	0.61+j0.51	0.60+j0.50	0.56+j0.47	0.55+j0.46
$Q_2^*$	0.1727	0.1758	0.1879	0.1908
$Q_c^*$	0.3373	0.3242	2821	0.2692
$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$	0.61+j0.1727	0.60+j0.1758	0.56+j0.1879	0.55+j0.1908

Tableau III. 55

## Chapitre III : Control de la tension par l'énergie réactive

- Distribution du potentiel

$S^* = P_2^* + jQ_2^*$		0.61+j0.1727	0.60+j0.1758	0.56+j0.1879	0.55+j0.1908
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$
0	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
100	6	1.0146	1.0148	1.0159	1.0161
200	12	1.0220	1.0223	1.0239	1.0242
300	18	1.0220	1.0223	1.0239	1.0242
400	24	1.0146	1.0148	1.0158	1.0161
500	30	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
600	36	0.9786	0.9781	0.9766	0.9762
700	42	0.9508	0.9498	0.9462	0.9454
800	48	0.9173	0.9157	0.9096	0.9081
900	54	0.8791	0.8767	0.8675	0.8653
1000	60	0.8373	0.8339	0.8212	0.8182

Tableau III. 56

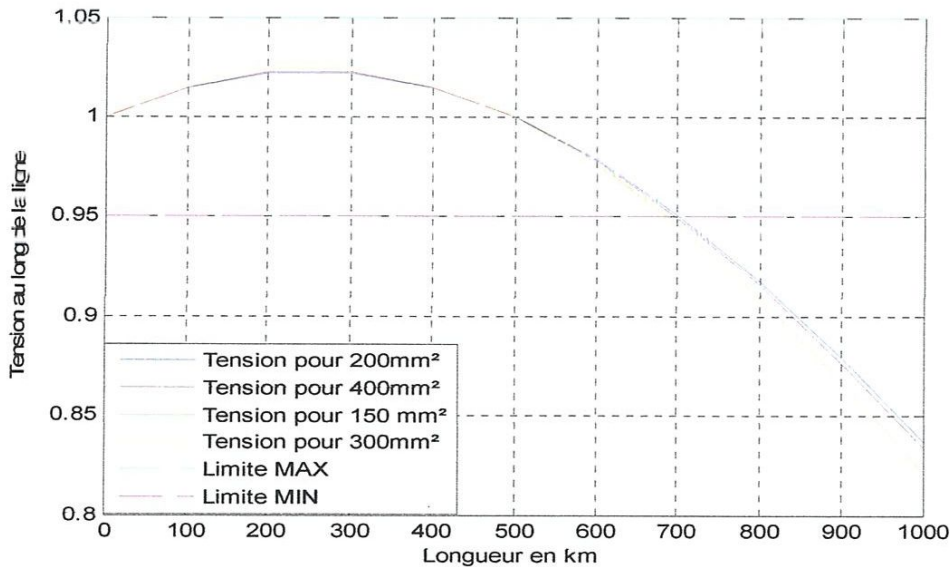


Fig III. 32 : Epure du potentiel après compensation au milieu de la ligne (ku=1)

✓ Pour  $ku = 1.05$

N	3		4	
$F(mm^2)$	200	400	150	300
$S_{ch} = P_{ch} + jQ_{ch}$	0.61+j0.51	0.60+j0.50	0.56+j0.47	0.55+j0.46
$Q_2^*$	0.2774	0.2804	0.2919	0.2946
$Q_c^*$	0.2326	0.2196	2821	0.1654
$S_2^* = P_2^* + jQ_2^*$	0.61+j0.2774	0.60+j0.2804	0.56+j0.2919	0.55+j0.2946

Tableau III. 57

## Chapitre III : Control de la tension par l'énergie réactive

### • Distribution du potentiel

$S^* = P_2^* + jQ_2^*$		0.61+j0.2774	0.60+j0.2804	0.56+j0.2919	0.55+j0.2946
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$
0	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
100	6	1.0255	1.0258	1.0267	1.0269
200	12	1.0436	1.0439	1.0453	1.0457
300	18	1.0538	1.0541	1.0555	1.0559
400	24	1.0559	1.0562	1.0571	1.0573
500	30	1.0500	1.0500	1.0500	1.0500
600	36	1.0361	1.0357	1.0344	1.0340
700	42	1.0145	1.0137	1.0105	1.0097
800	48	0.9857	0.9843	0.9789	0.9776
900	54	0.9504	0.9483	0.9403	0.9383
1000	60	0.9094	0.9065	0.8955	0.8928

Tableau III. 58

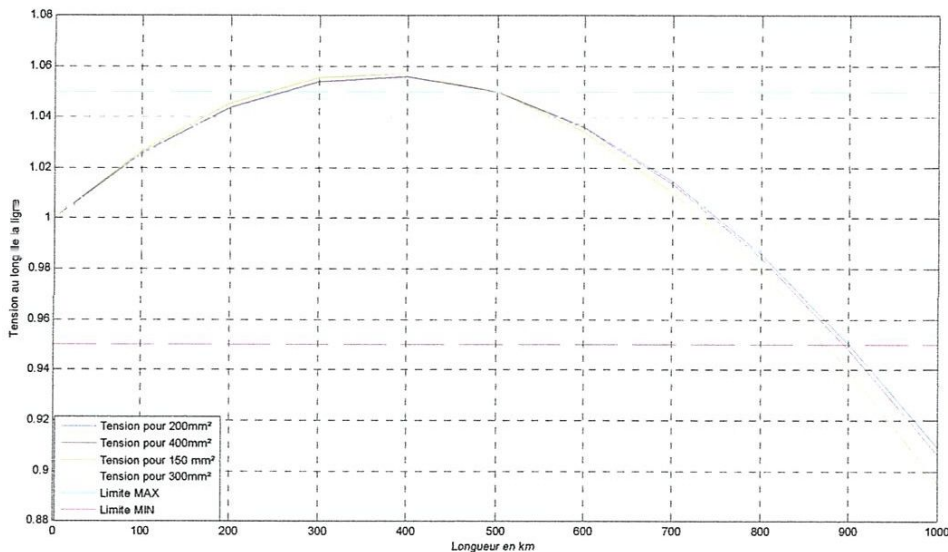


Fig III. 33 : Epure du potentiel après compensation au milieu de la ligne ( $ku=1.05$ )

On constate d'après les résultats des tableaux (III.54 jusqu'à III.59) que :

- La valeur de la puissance réactive de la compensation ( $Q_2^*$ ) pour une compensation au milieu de la ligne est très petite de celle à la fin.
- La tension n'est pas encore dans les limites admissibles même avec la compensation au milieu de la ligne.

## Chapitre III : Control de la tension par l'énergie réactive

---

Dans ce cas on fait une autre compensation au milieu de la ligne mais juste pour la partie qui sort des limite (de 600 jusqu'à 1000km) en utilisant la formule suivante :

$$Q_{1m}^* = -ctg\left(\frac{\alpha_0 l}{2}\right) + \sqrt{\left(\frac{ku}{\sin\left(\frac{\alpha_0 l}{2}\right)}\right)^2 - P_2^{*2}} \quad (3.13)$$

Et

$$Q_c = Q_{1m}^* - Q_{2m}^* \quad (3.14)$$

Où

$$Q_{2m}^* = ku' \cdot ctg\left(\frac{\alpha_0 l}{2}\right) - \sqrt{\left(\frac{ku}{\sin\left(\frac{\alpha_0 l}{2}\right)}\right)^2 - I_2^{*2}} \quad (3.15)$$

✓ Pour  $ku=0.95$

N	3		4	
	200	400	150	300
$S_{ch} = P_{ch} + jQ_{ch}$	0.61+j0.0674	0.60+j0.0707	0.56+j0.0835	0.55+j0.0886
$Q_{1m}^*$	0.0674	0.0707	0.0835	0.0886
$Q_{2m}^*$	-0.1540	-0.1573	-0.1701	-0.1732
$Q_c^*$	0.2214	0.2280	0.2536	0.2618
$S_2^{*'} = P_2^* + jQ_{1m}^*$	0.61+j0.0674	0.60+j0.0707	0.56+j0.0835	0.55+j0.0886

Tableau III. 59

- Distribution du potentiel**

$S^* = P_2^* + jQ_2^*$		0.61+j0.0674	0.60+j0.0707	0.56+j0.0835	0.55+j0.0886
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$
0	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
100	6	1.0036	1.0039	1.0050	1.0054
200	12	1.0002	1.0007	1.0023	1.0031
300	18	0.9900	0.9904	0.9921	0.9931
400	24	0.9731	0.9734	0.9745	1.1403
500	30	0.9500	0.9500	0.9500	0.9500
600	36	0.9731	0.9734	0.9745	1.1403
700	42	0.9900	0.9904	0.9921	0.9931
800	48	1.0002	1.0007	1.0023	1.0031
900	54	1.0036	1.0039	1.0050	1.0054
1000	60	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Tableau III. 60

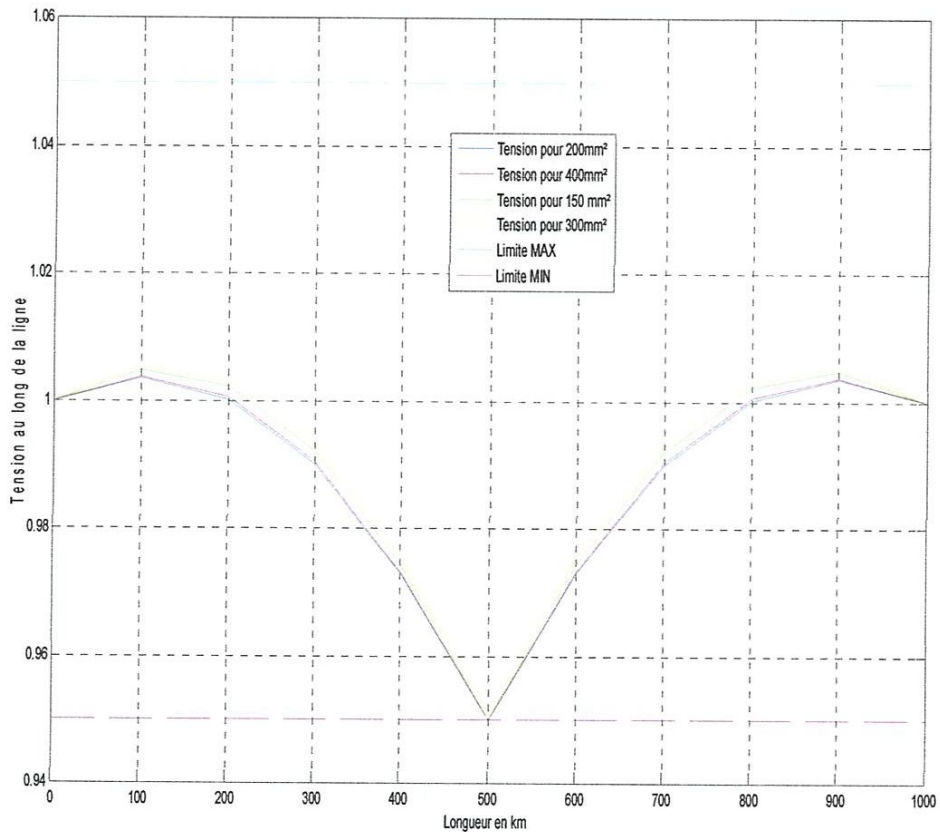


Fig III. 34 : Epure du potentiel après compensation au milieu de la ligne ( $k_u=0.95$ )

## Chapitre III : Control de la tension par l'énergie réactive

✓ Pour  $ku=1$

N	3		4	
$F(mm^2)$	200	400	150	300
$S_{ch} = P_{ch} + jQ_{ch}$	0.61+j0.51	0.60+j0.50	0.56+j0.47	0.55+j0.46
$Q_{1m}^*$	0.1727	0.1758	0.1879	0.1908
$Q_{2m}^*$	-0.1727	-0.1758	-0.1879	-0.1908
$Q_c^*$	0.3454	0.3516	0.3758	0.3816
$S_2^{*'} = P_2^* + jQ_{1m}^*$	0.61+j0.1727	0.60+j0.1758	0.56+j0.1879	0.55+j0.1908

Tableau III. 61

• **Distribution du potentiel**

$S_2^{*'} = P_2^* + jQ_{1m}^*$		0.61+j0.1727	0.60+j0.1758	0.56+j0.1879	0.55+j0.1908
$x(Km)$	$\alpha_{0,x}$	$V(r)$	$V(r)$	$V(x)$	$V(x)$
0	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
100	6	1.0146	1.0148	1.0159	1.0161
200	12	1.0220	1.0223	1.0239	1.0242
300	18	1.0220	1.0223	1.0239	1.0242
400	24	1.0146	1.0148	1.0158	1.0161
500	30	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
600	36	1.0146	1.0148	1.0158	1.0161
700	42	1.0220	1.0223	1.0239	1.0242
800	48	1.0220	1.0223	1.0239	1.0242
900	54	1.0146	1.0148	1.0159	1.0161
1000	60	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Tableau III. 62

## Chapitre III : Control de la tension par l'énergie réactive

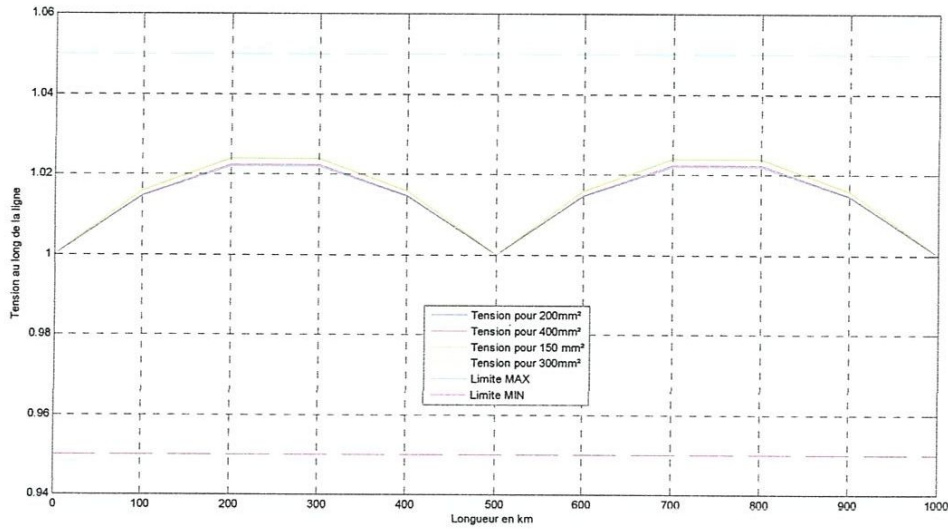


Fig III. 35 : Epure du potentiel après compensation au milieu de la ligne (ku=1)

✓ Pour  $ku=1.05$

N	3		4	
$F(mm^2)$	200	400	150	300
$S_{ch} = P_{ch} + jQ_{ch}$	0.61+j0.51	0.60+j0.50	0.56+j0.47	0.55+j0.46
$Q_{1m}^*$	0.2774	0.2804	0.2919	0.2946
$Q_{2m}^*$	-0.1908	-0.1938	-0.2053	-0.2080
$Q_c^*$	0.4682	0.4742	0.4972	0.5026
$S_2^{*'} = P_2^* + jQ_{1m}^*$	0.61+j0.2774	0.60+j0.2804	0.56+j0.2919	0.55+j0.2946

Tableau III. 63

### • Distribution du potentiel

$S^* = P_2^* + jQ_2^*$		0.61+j0.2774	0.60+j0.2804	0.56+j0.2919	0.55+j0.2946
$x(Km)$	$\alpha_0 x$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$	$U(x)$
0	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
100	6	1.0255	1.0258	1.0267	1.0269
200	12	1.0436	1.0439	1.0453	1.0457
300	18	1.0538	1.0541	1.0555	1.0559
400	24	1.0559	1.0562	1.0571	1.0573
500	30	1.0500	1.0500	1.0500	1.0500
600	36	1.0559	1.0562	1.0571	1.0573
700	42	1.0538	1.0541	1.0555	1.0559
800	48	1.0436	1.0439	1.0453	1.0457
900	54	1.0255	1.0258	1.0267	1.0269
1000	60	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Tableau III. 64



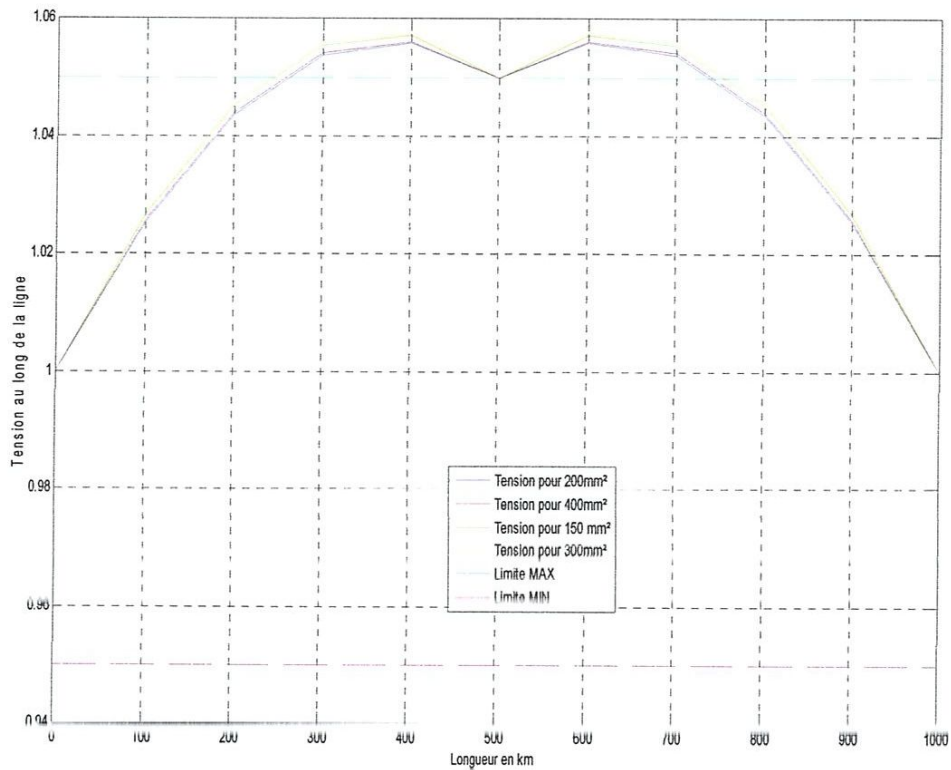


Fig III. 36 : Epure du potentiel après compensation au milieu de la ligne ( $ku=1.05$ )

D'après les résultats des tableaux (III.60 jusqu'à III.65), on constate que la tension est entrée dans les limites admissibles après une autre compensation au milieu de la ligne, mais juste pour les deux valeurs de ( $ku$ ) (0.95 et 1), on peut mettre la tension dans les limites admissibles pour  $ku=1.05$  avec une autre compensation (troisième compensation) dans le milieu de chaque partie.

### III.4. Conclusion

Le contrôle de la tension par l'énergie réactive, pour atteindre une meilleure gestion de l'énergie et une amélioration de la tension, exige de contrôler les paramètres suivant :

- ⇒ Lieu de compensation
- ⇒ Nombre de conducteurs
- ⇒ Type de la charge « à vide ou en charge »
- ⇒ Tension nominal

### Conclusion générale

Dans ce travail réalisé dans le cadre du mémoire de master, nous avons présenté une analyse approfondie de la relation entre le plan du potentiel de lignes de grande longueur et, essentiellement, les flux de la puissance réactive à des fins de contrôle de la stabilité de la tension.

Le traitement et l'analyse ont été faits par différentes configuration du modèle de ligne ; par la section des conducteurs, le nombre de ces derniers par phase ; par la longueur, la charge, le niveau nominal de la tension.

Les résultats que nous avons obtenus montrent que :

- L'augmentation du nombre de conducteurs par phase ou bien la section d'un conducteur engendre une diminution importante de la chute de tension,
- Il est justifié d'utiliser un niveau plus haut de tension pour les lignes de transport à grande distance,
- La réduction de la chute de tension dans une ligne électrique est fortement déterminée par la compensation de l'énergie réactive
- La distribution de la puissance réactive à des fins de compensation dépend de graphique de charge, de la longueur et, de niveau de tension ...

## Bibliographie

---

- [1]- **Jean-Claude Sabonnadière** et **Nouredine Hadjsaïd**, Lignes et réseaux électriques - Volume 1, No. 9782746214965 Hermès-Lavoisier
- [2]- <http://www.histoire-pour-tous.fr/inventions/309-invention-electricite.html> le 13/03/2016
- [3]- **Bechinia Issam**, « Identification des éléments d'une centrale électrique thermique Approche multi-modèle » Thèse de magister, département d'électronique université d'Annaba, 2010
- [4]- **Salma El Aimani** « Intégration des éoliennes dans les réseaux électriques : modélisation et commande de technologies » Thèse de doctorat département de génie électrique université de Lille (France) 2004
- [5]- <https://fr.scribd.com/doc/4597291/Generalites-sur-les-reseaux-electriques> le 27/12/2015
- [6]- **Pr. BOUNAYA Kamel**, « cours d'analyse des réseaux électriques » ; département de génie électrique, université le 8 mai 1945 Guelma Algérie 2014/2015
- [7] **F Atcf, A Salah Eddinne**, « Ligne grande longueur : compensation et performance » mémoire de master université Guelma 2015
- [8]- **Pr. BOUNAYA Kamel**, « cours de qualité de l'énergie électriques » ; département de génie électrique, université le 8 mai 1945 Guelma Algérie 2014/2015
- [9]- **R Raouf, O chawki**, « caractéristique des lignes compensée » ; département de génie électrique, université le 8 mai 1945 Guelma Algérie 2011/2012
- [10] **Benalia Nadia** Etude de la stabilité de tension par les systèmes Multi-Agent (SMA)

## ANNEXE

---

Les résultats du plan du potentiel au long de la ligne sont vérifiés par le programme suivant :

```
clc; clear all ; close all;

% Entrer les valeurs

P2=input('\n Donner la valeur de la puissance active en unité relative P2
= ');

Q2=input ('\n Donner la valeur de la puissance réactive en unité relative
Q2 = ');

l=input ('\n Donner la longueur totale de la ligne L = ');

% Le pas de la longueur

pas=100;

X=0:pas:l;

limax(1:length(X))=1.05;
limin(1:length(X))=0.95;

alpha=0.06;

U=(cosd(alpha*X)+Q2*sind(alpha*X))+i*(P2*sind(alpha*X))

L=X

module=abs(U)

plot(X,module)
grid
hold on
plot(X,limax,'r')
hold on
plot(X,limin,'g')
xlabel('Longueur en km')
ylabel('Tension au long de la ligne')

for z=1:length(X)
if module(z)>1.05 | module(z) < 0.95

fprintf(' La ligne necessite une compensation \n')
    fprintf(' \n Dans ce cas on fait une compensation à la fin de la
ligne en utilisant la formule suivante : \n')
    fprintf(' \n  $Q22 = -ctang(\alpha*L)+racine(((Ku/\sin(\alpha*L))^2-P2^2)$ 
\n')
        Ku=input('\n Donner la valeur de Ku : Le rapport entre les
tensions U1 et U2 Ku = \n');
Q22=- (1/tand(alpha*X(length(X))))+sqrt(((Ku/sind(alpha*X(length(X))))^2)-
P2^2)
fprintf(' \n La puissance réactive de compensation est : \n')
Qc=Q2-Q22

        U=(cosd(alpha*X)+Q22*sind(alpha*X))+i*(P2*sind(alpha*X))
        module=abs(U)
```