



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم

Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

N° d'ordre : M...../GE/2018

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
MASTER ACADEMIQUE

Filière : Electrotechnique

Spécialité : Electrotechnique Industrielle

**CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DE COMPORTEMENT D'UN RÉSEAU DE
TRANSPORT ÉLECTRIQUE EN CAS DE SEISME**

Présenté par :

- **BENFICHOUH IMENE**
- **BENDANI SOUAD**

Soutenu le 19 / 09 / 2018 devant le jury composé de :

- **Président : Mr. Bekkouche**
- **Examineur : Mr. BENYAMINA**
- **Encadreur : Mr.Souag**

Année Universitaire : 2017 / 2018

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciement

Je remercie dieu de nous avoir donné la force pour accomplir ce travail.

Je remercie mes très chers parents.

Je remercie mon encadreur Dr. S.SOUAG pour son aide, son encouragement et sa patience, ainsi pour ces orientations et ses conseils judicieux.

Et nous n'oublions pas tous les enseignants de département génie électrique.

le 09,2018

Dédicace

Je dédie ce travail,

*A mes très chers parents qui ont sacrifiés leur vie pour
ma réussite, et pour leurs encouragements. Que dieu les garde
éternellement heureux.*

A toute la famille benfichouh et bendanni

A mon mari Houari(imene);

A mon fiancé(Souad) ;

A mon petit HAYTHEM ;

A mes frères ;

Et mes sœurs

À tout mes amis et mes collègues, et à tout ceux qui

M'ont aidé pour réaliser ce mémoire.

Imene et souad

Table des matières

REMERCIEMENT	3
DEDICACE	4
INTRODUCTION GENERALE :	8
CHAPITRE I : GENERALITE SUR LES RESEAUX DE TRANSPORT ELECTRIQUE	9
I.1 . INTRODUCTION:.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
I.2 . DEFINITION DE RESEAU ELECTRIQUE :	11
I.3 . TYPES DE PERTURBATIONS QUI PEUVENT DEGRADER LA QUALITE DE LA TENSION :	11
I.3.1. <i>Les creux de tension et coupures brèves</i> :	11
I.3.2. <i>Interruption courte</i>	12
I.3.3. <i>Chutes de tension</i>	12
I.3.4. <i>Tension et/ou courant transitoire</i> :	12
I.3.5. <i>Déséquilibre de tension</i> :	12
I.3.6. <i>Perturbations harmoniques</i> :	12
I.4 . DIFFERENTS TYPES DE SURTENSION DANS LES RESEAUX ELECTRIQUES :	13
I.4.1. <i>Surtension permanente</i> :	13
I.4.2. <i>Surtension temporaire</i> :	13
I.4.3. <i>Surtension de manœuvre</i> :	13
I.4.4. <i>Surtension de foudre</i> :	13
I.5 . STRUCTURE DES RESEAUX ELECTRIQUES :	13
I.5.1. <i>Le réseau de transport</i> :	14
I.5.2. <i>Le réseau de répartition</i> :	14
I.5.3. <i>Le réseau de distribution</i> :	15
I.6 . MATERIELS UTILISES DANS LES RESEAUX ELECTRIQUES :	16
I.6.1. <i>Les lignes électriques</i> :	16
I.6.2. <i>Les transformateurs de puissance</i> :	17
I.6.3. <i>Les postes électriques</i> :	17
I.7 . MATERIELS DE SURVEILLANCE ET DE COMMANDE :	17
I.7.1. <i>Protection des réseaux électriques</i> :	17
I.7.2. <i>Matériel de conduite et de surveillance</i> :	18
I.7.3. <i>Matériel de communication</i> :	18
I.8 . STABILITE ET REGLAGE DE RESEAU ELECTRIQUE :	19
I.8.1. <i>Équilibre production – consommation</i> :	19
I.9 . REGLAGE DE LA TENSION :	19
I.10 . CONCLUSION :	20
CHAPITRE II : MODÉLISATION DU RÉSEAU ÉLECTRIQUE	21
II.1 . INTRODUCTION :	22
II.2 . L'ALTERNATEUR:	22
II.3 . LES LIAISONS :	22
II.3.1. <i>Les lignes aériennes vs les câbles souterrains</i> :	23
II.4 . LE TRANSFORMATEUR:	23
II.4.1. <i>Le schéma équivalent d'un transformateur</i> :	24
II.4.2. <i>Caractéristiques pratiques du transformateur</i> :	25
II.5 . LES CHARGES :	25
II.6 . MISE EN EQUATION DU RESEAU :	25
II.6.1. <i>Modélisation des éléments du réseau électrique</i> :	26
II.7 . CONCLUSION :	29

CHAPITRE III :	L'ÉCOULEMENT DE PUISSANCE.....	30
III.1.	INTRODUCTION :.....	31
III.2.	TYPE DES NŒUDS :.....	31
III.2.1.	<i>Nœuds producteurs (associés aux centrales) :.....</i>	<i>31</i>
III.2.2.	<i>Nœuds consommateurs (associés aux charges) :.....</i>	<i>31</i>
III.2.3.	<i>Nœud de bilan :(associés aux centrale la plus puissante et la plus fiable):</i>	<i>32</i>
III.3.	DETERMINATION DE LA MATRICE ADMITTANCE :	33
III.4.	DETERMINATION DES COURANTS :.....	35
III.5.	CALCUL DE L'ÉCOULEMENT DE PUISSANCES : [10].....	37
III.5.1.	<i>Méthode de Newton - Raphson:</i>	<i>37</i>
III.5.2.	<i>Calcul des puissances transmises :.....</i>	<i>46</i>
III.5.3.	<i>Calcul des puissances injectées :.....</i>	<i>46</i>
III.5.4.	<i>Calcul des pertes:.....</i>	<i>46</i>
III.6.	LA METHODE DECOUPLEE DE NEWTON :.....	47
III.6.1.	<i>Les avantages de la méthode découplée de Newton :.....</i>	<i>51</i>
III.6.2.	<i>Les inconvénients :.....</i>	<i>51</i>
III.7.	L'ÉCOULEMENT DE PUISSANCE «CC" OU "DC" :.....	53
III.8.	CONCLUSION :.....	54
CHAPITRE IV :	L'IMPACT DU SEISME SUR LE RESEAU ELECTRIQUE	55
IV.1.	INTRODUCTION :.....	56
IV.2.	DEFINITION DU SEISME :.....	56
IV.2.1.	<i>Le cycle sismique en bref :.....</i>	<i>57</i>
IV.3.	RISQUES DE SEISMES DUS AUX ESSAIS DANS LES CENTRALES GEOTHERMIQUES :.....	58
IV.4.	CONSEQUENCES DE L'EXPERIENCE :.....	59
IV.5.	MAGNITUDE :.....	59
IV.6.	L'IMPACT DU SEISME :.....	59
IV.6.1.	<i>Les conséquences humaines :</i>	<i>59</i>
IV.6.2.	<i>Les conséquences environnementales :.....</i>	<i>60</i>
IV.6.3.	<i>Les conséquences économiques :.....</i>	<i>60</i>
IV.7.	EXEMPLES DES IMPACTS DU SEISME SUR LE RESEAU ELECTRIQUE DANS LE MONDE :.....	61
IV.8.	ZONAGE DU SEISME EN ALGERIE :.....	62
IV.9.	L'IMPACT DU SEISME SUR LE RESEAU ELECTRIQUE :.....	63
IV.10.	CONCEPTION DES EQUIPEMENTS :.....	63
IV.10.1.	<i>Définition des objectifs :.....</i>	<i>63</i>
IV.10.2.	<i>Tenue mécanique :.....</i>	<i>64</i>
IV.10.3.	<i>Tenue fonctionnelle :</i>	<i>64</i>
IV.10.4.	<i>Principes de conception :</i>	<i>64</i>
IV.10.5.	<i>Spectre de réponse et caractéristiques dynamiques de la structure :</i>	<i>65</i>
IV.11.	QUALIFICATION AU SEISME D'UN DISJONCTEUR HT :.....	66
IV.11.1.	<i>Première étape : modélisation du disjoncteur :</i>	<i>66</i>
IV.11.2.	<i>Deuxième étape : analyse modale expérimentale :</i>	<i>66</i>
IV.11.3.	<i>Troisième étape : recalage du modèle éléments finis :</i>	<i>66</i>
IV.11.4.	<i>Quatrième étape : mesure du coefficient d'amortissement :</i>	<i>67</i>
IV.11.5.	<i>Cinquième étape : calcul des efforts, contraintes, et déplacements sous charge sismique :</i>	<i>67</i>
IV.11.6.	<i>Sixième étape : vérification de l'intégrité et de la fonctionnalité de l'appareil sous contraintes sismiques :.....</i>	<i>68</i>
IV.12.	CONCLUSION :.....	68
CHAPITRE V :	SIMULATION ET DISCUSSIONS DE RÉSULTATS	70
V.1.	INTRODUCTION :.....	71
V.2.	LE LOGICIEL LABPOWER :.....	71

V.2.1. <i>Introduction et mise en forme des données du réseau électrique</i> :.....	72
V.2.2. <i>Le calcul du DC load flow</i> :.....	73
V.2.3. <i>Le calcul des facteurs de sensibilité</i> :.....	73
V.2.4. <i>Le calcul de l'écoulement de puissance par la méthode Newton-Raphson</i> :.....	74
V.2.5. <i>Le contrôle de tension en utilisant la logique floue</i> :.....	75
V.2.6. <i>L'étude de stabilité et le traçage de la courbe PV</i> :.....	77
V.2.7. <i>L'analyse des contingences en utilisant les différentes méthodes</i> :.....	79
V.3. SIMULATION DU RESEAU ALG 114 :.....	80
V.3.1. <i>Les données du réseau ALG 114 nœud</i> :.....	80
V.3.2. <i>Données sismiques du réseau ALG 114</i> :.....	81
V.3.3. <i>Discutions des résultats</i> :.....	95
V.4. CONCLUSION :.....	96
BIBLIOGRAPHIE	98

Introduction générale :

Parallèlement du développement technologique, la consommation de l'électricité est croissante et subvenir aux besoins des consommateurs; il a fallu construire des centrales électriques pour produire de l'électricité en grande quantité.

L'acheminement de ce dernier aux différents utilisateurs, industriels ou particuliers, se fait via les réseaux électriques.

Pour assurer la qualité de ces réseaux, il est nécessaire de coordonner le bon transport de l'électricité avec les phénomènes naturels parmi eux le séisme.

Une grande majorité des lignes de transport d'énergie électrique sont à courant alternatif, fonctionnant à plusieurs valeurs de tension (10 kV à 800 kV), Les réseaux de distribution fonctionnent généralement au-dessous de 100 KV, tandis que la puissance est transmise à distensions très élevées. Les lignes fonctionnant à différentes tensions sont reliées par les transformateurs qui fonctionnent au rendement élevé.

Chapitre I :

**GENERALITE SUR
LES RESEAUX DE
TRANSPORT
ELECTRIQUE.**

I.1 . Introduction :

Un réseau d'énergie électrique est un système d'éléments interconnectés qui est conçu :

- Pour convertir d'une façon continue l'énergie qui n'est pas sous forme électrique en énergie électrique.
- Pour transporter l'énergie électrique sur de longues distances.
- Pour transformer l'énergie électrique sous des formes spécifiques soumises à des contraintes bien déterminées.

Pour un consommateur, le réseau devrait idéalement vu, de l'endroit où il prend son énergie électrique, comme une source de tension alternative parfaite: c'est-à-dire une source dont la fréquence et l'amplitude sont constantes quelle que soit la charge connectée.

Pour satisfaire leur clientèle, les compagnies d'électricité doivent donc s'efforcer de maintenir l'amplitude et la fréquence de la tension constantes (valeurs nominales). Donc, il est important de maintenir le niveau de tension près de sa valeur nominale aux différents nœuds du réseau [02].

Une grande majorité des lignes de transport d'énergie électrique sont à courant alternatif, fonctionnant à plusieurs valeurs de tension (10 kV à 800 kV), Les réseaux de distribution fonctionnent généralement au-dessous de 100 KV, tandis que la puissance est transmise à distensions très élevées. Les lignes fonctionnant à différentes tensions sont reliées par les transformateurs qui fonctionnent au rendement élevé.

Traditionnellement, les lignes à courant alternatif ne prévoient aucune commande du flux de puissance. Les disjoncteurs actionnés mécaniquement sont utilisés pour la protection contre les défauts.

Un disjoncteur actionné mécaniquement est utilisé pour un nombre d'opérations d'ouverture et de fermeture limité à un moment défini et ne peut pas être employé pour la commande de flux de puissances (à la différence des commutateurs de l'électronique de puissance à fréquence de commutation très élevée tel que le thyristor, le GTO, l'IGBT, l'IGCT, etc.).

I.2 . Définition de réseau électrique :

Un réseau électrique est un ensemble d'infrastructures énergétiques plus ou moins disponibles permettant d'acheminer l'énergie électrique des centrales de production vers les consommateurs d'électricité.

Il est constitué de lignes électriques exploitées à différents niveaux de tension, connectées entre elles dans des postes électriques. Les postes électriques permettent de répartir l'électricité et de la faire passer d'une tension à l'autre grâce aux transformateurs.

Il doit aussi assurer la gestion dynamique de l'ensemble production - transport - consommation, mettant en œuvre des réglages ayant pour but d'assurer la stabilité de l'ensemble.

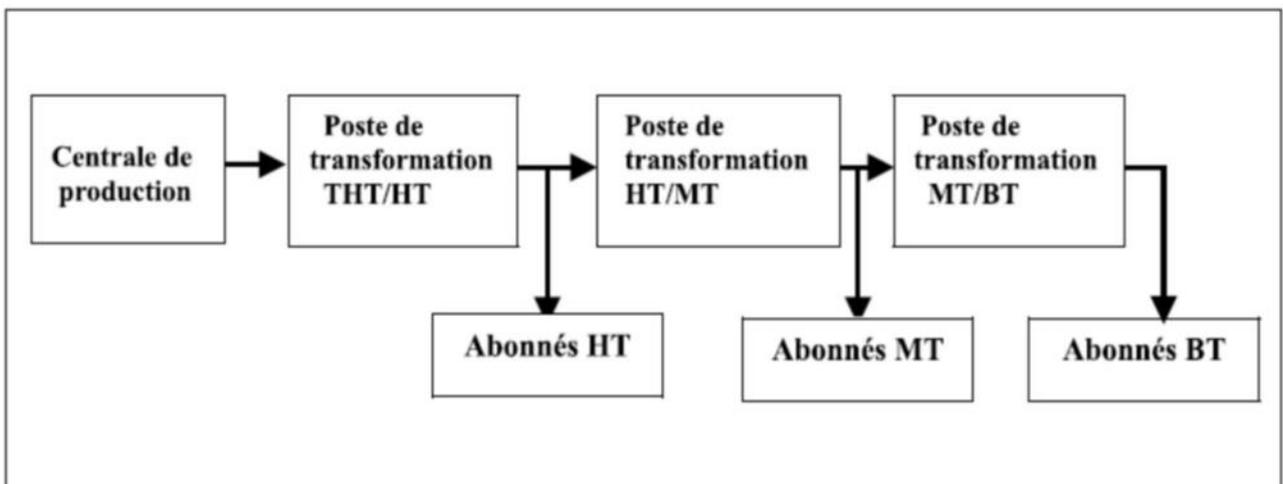


Figure. (I.1) : schéma global de réseau électrique

I.3 . Types de perturbations qui peuvent dégrader la qualité de la tension :

I.3.1. Les creux de tension et coupures brèves :

Les creux de tension sont produits par des courts-circuits survenant dans le réseau général ou dans les installations de la clientèle.

I.3.2.Interruption courte:

L'interruption courte est la perte complète ou la disparition de la tension d'alimentation pendant une période de temps de 1/2 cycle jusqu'à 3s. Elle se produit quand la tension d'alimentation ou le courant de charge diminue à moins de 0.1 pu.

I.3.3.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.

I.3.4.Tension et/ou courant transitoire:

Les surtensions transitoires sont des phénomènes brefs, dans leur durée et aléatoires dans leur apparition. Elles sont considérées comme étant des dépassements d'amplitude du niveau normal de la tension fondamentale à la fréquence 50Hz ou 60Hz pendant une durée inférieure à une seconde.

I.3.5.Déséquilibre de tension :

Un récepteur électrique triphasé, qui n'est pas équilibré et que l'on alimente par un réseau triphasé équilibré conduit à des déséquilibres de tension dus à la circulation des courants non équilibrés dans les impédances du réseau.

I.3.6.Perturbations harmoniques :

Les harmoniques sont des composantes dont la fréquence est un multiple de la fréquence fondamentale, qui provoquent une distorsion de l'onde sinusoïdale. Ils sont principalement dus à des installations non linéaires telles que les convertisseurs ou les gradateurs électroniques, les fours à arc, etc.

I.4 . **Différents types de surtension dans les réseaux électriques :**

I.4.1.Surtension permanente :

D'une durée de plusieurs heures (l'[effet Ferrant](#) peut être une cause de surtension permanente).

I.4.2.Surtension temporaire :

D'une durée d'une ou de plusieurs secondes. Un court-circuit d'une des phases d'un réseau triphasé à la terre (défaut d'isolement d'un câble HT par exemple) peut produire une surtension temporaire sur les autres phases (phénomène non négligeable en haute tension). Les systèmes de régulation de tension des [alternateurs](#) peuvent aussi créer des surtensions temporaires lors de phénomènes transitoires. La [Ferro résonance](#) est une surtension transitoire ou temporaire.

I.4.3.Surtension de manœuvre :

Liée à la manœuvre d'un [disjoncteur](#) ou d'un [sectionneur](#), d'une durée de quelques dizaines [microsecondes](#) à quelques millisecondes. La manœuvre d'un sectionneur dans un [poste électrique](#) à isolation gazeuse engendre en particulier des surtensions à fronts très raides.

I.4.4.Surtension de foudre :

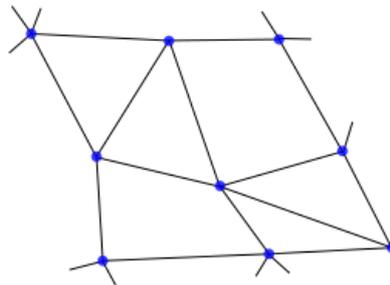
Due au foudroiement d'une [ligne à haute tension](#).

I.5 . **Structure des réseaux électriques :**

Les réseaux électriques peuvent être organisés selon plusieurs types de structures exposées ci-dessous :

I.5.1. Le réseau de transport :

Les réseaux de transport sont basés sur une structure de réseau maillée, ils sont à haute tension (HTB) (de 50 kV à 400 kV) et ont pour but de transporter l'énergie des grands centres de production vers les régions consommatrices d'électricité. Les grandes puissances transitées imposent des lignes électriques de forte capacité de transit, ainsi qu'une structure maillée (ou interconnectée). Les réseaux maillés garantissent une très bonne sécurité d'alimentation, car la perte de n'importe quel élément (ligne électrique, transformateur ou groupe de production) n'entraîne aucune coupure d'électricité si l'exploitant du réseau de transport respecte la règle

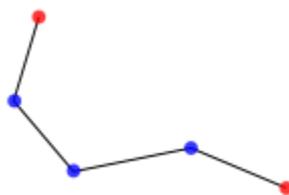


dite du "N-1" (possibilité de perdre n'importe quel élément de réseau sans conséquences inacceptables pour les consommateurs).

Figure. (I.2) .La structure du réseau de transport (maillé)

I.5.2. Le réseau de répartition :

Les réseaux de répartition sont à haute tension (de l'ordre de 30 à 150 kV) et ont pour but d'assurer à l'échelle régionale la fourniture d'électricité. L'énergie y est injectée essentiellement par le réseau de transport via des transformateurs, mais également par des centrales électriques de moyennes puissances (inférieures à environ 100 MW). Les réseaux de répartition sont



distribués de manière assez homogène sur le territoire d'une région.

Figure .(I.3).le réseau de répartition a haute tention.

I.5.3. Le réseau de distribution :

Les réseaux de distribution ont pour but d'alimenter l'ensemble des consommateurs.

Il existe deux sous niveaux de tension :

- Les réseaux moyenne tension (anciennement MT devenu HTA de 1 à 50 kV),
- Les réseaux basse tension (BT de 50 à 1 000V), sur lesquels sont raccordés les utilisateurs (entreprises et locaux d'habitations) "tarif à la puissance maximale limitée à 18KVA en 230V (90A) et 36KVA en 230/400V (60A) ou "tarif à puissance surveillée" en 400V de 36 à 250KVA (60 à 400A).

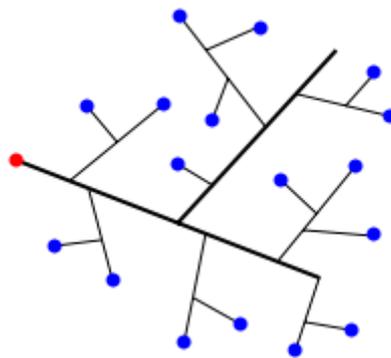


Figure .(I.4).le réseau de distribution .

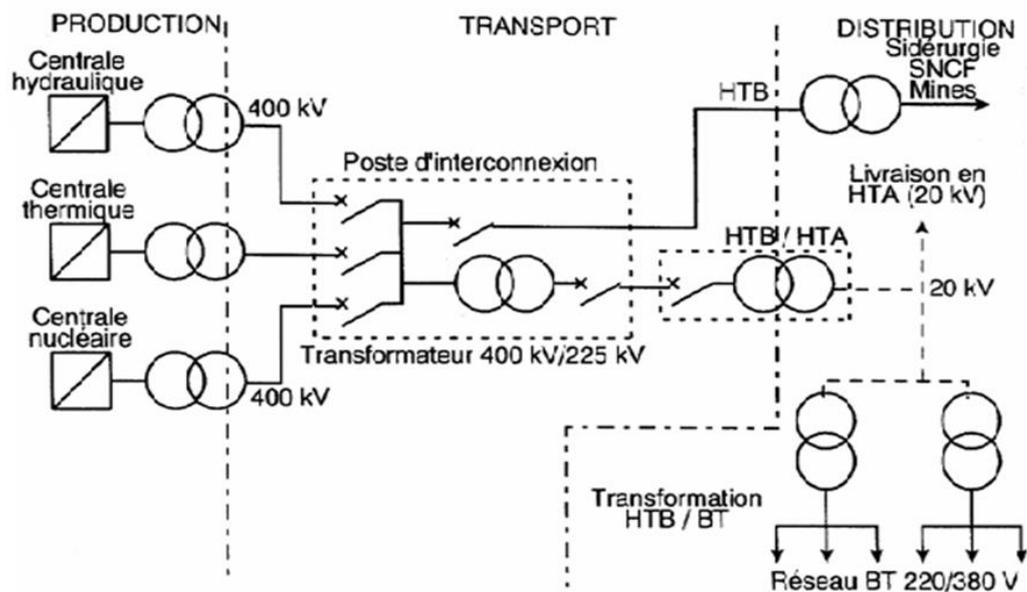


Figure.(I.5) : Constitution de réseau électrique

I.6 . Matériels utilisés dans les réseaux électriques :

Le réseau électrique est constitué non seulement de matériel haute tension (dit matériel de puissance), mais également de nombreuses fonctions utiles telles que la télé-conduite ou le système de protection.

I.6.1. Les lignes électriques :

Les lignes électriques assurent la fonction « transport de l'énergie » sur les longues distances. Elles sont constituées de 3 phases, et chaque phase peut être constituée d'un faisceau de plusieurs conducteurs (de 1 à 4) espacés de quelques centimètres afin de limiter l'effet couronne qui entraîne des pertes en ligne, différentes des pertes Joule. L'ensemble de ces 3 phases électriques constitue un terme.

I.6.2. Les transformateurs de puissance :

On trouve sur les réseaux électriques deux types de transformateurs de puissance :

I.6.2.1 Les autotransformateurs :

Ils n'ont pas d'isolement entre le primaire et le secondaire. Ils ont un rapport de transformation fixe quand ils sont en service, mais qui peut être changé si l'autotransformateur est mis hors service.

I.6.2.2 Les transformateurs avec régleurs en charge :

Ils sont capables de changer leur rapport de transformation quand ils sont en service. Ils sont utilisés pour maintenir une tension constante au secondaire (la tension la plus basse) et jouent un rôle important dans le maintien de la tension.

I.6.3. Les postes électriques :

Les postes électriques sont les nœuds du réseau électrique. Ce sont les points de connexion des lignes électriques. Les postes des réseaux électriques peuvent avoir 2 finalités :

- l'interconnexion entre les lignes de même niveau de tension.
- la transformation de l'énergie.

I.7 . Matériels de surveillance et de commande :

I.7.1. Protection des réseaux électriques :

Tout réseau électrique possède des systèmes de protection pour déconnecter le système de production en cas de défaut sur la ligne. L'objectif est de protéger les 3 constituants d'un système électrique :

- les organes de production (alternateur),
- les composants des réseaux de transport et de distribution (lignes aériennes et souterraines, transformateurs, jeux de barre),

- les organes de consommation (clients finaux).

I.7.2. Matériel de conduite et de surveillance :

La conduite s'effectue depuis des centres de conduite régionaux (dispatchings) ou nationaux. Ceux-ci disposent d'instruments de télé conduite (des SCADA, notamment) comprenant des dispositifs permettant :

- de commander les organes de coupure (disjoncteurs, sectionneurs),
- de connaître la position de ces organes,
- de mesurer un certain nombre de grandeurs (tension, intensité, fréquence),
- de signaler des dysfonctionnements (alarmes).

I.7.3. Matériel de communication :

Outre les éléments ci-dessus permettant la conduite à distance, on trouve également des dispositifs locaux, pouvant réaliser de façon automatique des manœuvres destinées à sauvegarder le fonctionnement du système électrique où à rétablir le service lorsque celui a été interrompu.

Un important réseau de voies de télécommunication fiables et sécurisées est nécessaire pour échanger ces informations entre le centre de conduite et les postes qu'il exploite.

Le matériel de surveillance est destiné à l'analyse a posteriori des incidents. Il comprend essentiellement des consignateurs d'état chargés de relever la position des organes de coupure, et des pétrographes qui, grâce à un système de mémoire, restituent l'évolution des tensions et des courants pendant le déroulement des incidents. Lorsque des clients sensibles se trouvent à proximité du poste, des qu'altimètres, destinés à mesurer les coupures brèves, peuvent aussi être installés. Les données fournies par ces équipements sont consultées sur place. Par commodité, elles peuvent être transmises à distance, mais la fiabilité demandée aux voies de transmission utilisées est moins importante que dans le cas précédent.

I.8 .Stabilité et réglage de réseau électrique :

I.8.1.Équilibre production – consommation :

L'électricité est une des rares énergies non stockable à grande échelle (hormis via les batteries, ou les barrages considérés comme des réserves d'énergie électromécanique à faible inertie). En permanence, les opérateurs des réseaux doivent s'assurer de l'équilibre entre l'offre et la demande. En cas de déséquilibre, on observe principalement deux phénomènes :

I.8.1.1 Une consommation supérieure à la production :

Le risque de délestage fréquence métrique (perte rapide du synchronisme sur les alternateurs)

I.8.1.2 Une production supérieure à la consommation :

Il peut y avoir dans ce cas une accélération des machines synchrones qui produisent l'électricité et un emballement pouvant conduire également à un black-out par l'intermédiaire de protections fréquence métriques.

I.9 . Réglage de la tension :

La fréquence de rotation étant imposée, le réglage de la tension ne peut se faire qu'en agissant sur le courant d'excitation de la machine synchrone (alternateur).

Le réglage de tension peut aussi se faire en insérant des bobines dans le réseau électrique ou des batteries de condensateurs ou en les débranchant suivant le cas : chute de tension ou élévation de tension, sachant qu'un réseau électrique chargé engendre une baisse de tension et qu'un réseau à vide engendre une surtension. Il existe aussi d'autres moyens de réglage tels que les plots des autotransformateurs.

I.10 . **Conclusion :**

Mais, les possibilités d'évolutions de cette énergie est très grand, et un gros effort de chacun d'entre nous permettrait enfin de faire avancer le développement de celle-ci et de les retrouver à grande échelle.

Le problème majeur de l'énergie électrique est qu'elle ne peut pas être stockée, à chaque instant, l'énergie produite doit être exactement égale à l'énergie consommée. Au niveau de l'ensemble le total de la production doit être égal au total de la consommation. Dès que l'énergie produite ne peut pas être consommée ou l'énergie demandée service d'un ouvrage qui peut lui-même engendré d'autres mises hors service, il en résulte un fonctionnement relativement fragile du système et contre lequel il faut se prémunir. Avant que chaque instant ne se présente effectivement, il faut le préparer, c'est-à-dire amener le système électrique dans le meilleur état possible qui permet de passer l'instant avec la meilleure sécurité tout en engageant de moindres dépenses. Mais aussi des incidents peuvent provoquer des dégâts important dans le réseau électriques si un dimensionnement adéquat des équipements et de la protection n'a pas été fait à l'avance. L'ajout ou la perte d'un élément important dans le réseau électrique nécessite de revoir les calculs des tensions, courants et puissances dans tous le réseau. En plus de toutes ces contraintes le réseau de transport électrique est un réseau maillé comportant des centaines d'accès et de lignes, des transformateurs et plusieurs sources. Des calculs et études simples ne conviennent plus et prennent énormément de temps. La modélisation et simulation par ordinateur sont indispensables et répondent parfaitement aux exigences d'efficacité, de précision et de rapidité. La prise en compte des centaines d'accès et le calcul des différents états et grandeurs par des systèmes matriciels représentant le réseau électrique n'est plus un problème pour l'ordinateur. En effet des modèles et programmes informatiques ont été élaborés et ont montré leur efficacité. Ces programmes permettent de faire le calcul des courants de court-circuit, d'écoulement de puissance, de dispatching économique, et de stabilité du réseau

Malgré le développement de l'électronique de puissance permettant d'exploiter des liaisons à courant continu, l'étude des réseaux électriques passe nécessairement par celle des systèmes triphasés électriques donc Il faudrait alors concevoir des modèles pour les différentes composantes du réseau.

Chapitre II :
**MODÉLISATION DU
RÉSEAU
ÉLECTRIQUE**

II.1 . Introduction :

Le but est d'adopter des modèles pratiques pour analyser et dimensionner le réseau électrique. Il faudrait alors concevoir des modèles pour les différentes composantes du réseau: «25»

- l'alternateur
- la ligne électrique
- le transformateur
- les charges

II.2 . L'alternateur:

La tension $e(t)$ délivrée par l'alternateur dépend de la vitesse de rotation et de l'excitation. Elle est en série avec une résistance R et une réactance X . C'est le schéma en régime établi.(25)

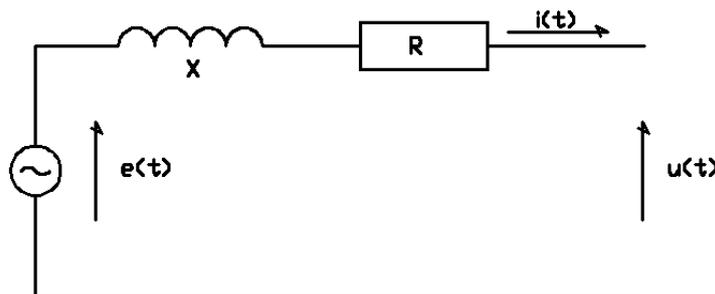


Figure. (II.1). Représentation schématique d'un alternateur en régime établi.

II.3 . Les liaisons :

Une ligne électrique est constituée par un faisceau de conducteurs cylindriques aériens ou souterrains parallèles entre eux et au sol. Chaque conducteur est caractérisé par:

- Sa résistance linéique ' R ' en Ω/m .
- Son inductance linéique ' L ' en H/m. ($X = L \times \omega$)
- Sa capacité linéique ' C ' en F/m. Les lignes électriques et les câbles sont des systèmes à constantes réparties, c'est à dire que ces grandeurs physiques sont réparties sur toute la longueur de la ligne. (25)

II.3.1. Les lignes aériennes vs les câbles souterrains :

Les lignes aériennes	Les câbles souterrains
<p>Avantage :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Défaillances décelables ➤ Problèmes rapidement résolus 	<p>Avantage :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Espace requis réduit ➤ Acceptation par la population
<p>Inconvénients :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pannes très fréquents ➤ Répercussion sur le paysage 	<p>Inconvénients :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Travaux de réparation longs ➤ Travaux neufs ou de renouvellement coûteux

Tableau(II.1).représente les avantages et les inconvénients des lignes et des câbles.

II.4 . Le Transformateur:

Le transformateur permet d'élever l'amplitude de la tension alternative disponible à la sortie de l'unité de production pour l'amener aux niveaux requis pour le transport.(25)

A l'autre extrémité de la chaîne, les transformateurs sont utilisés pour abaisser la tension et la ramener aux valeurs utilisées dans les réseaux de répartition et de distribution

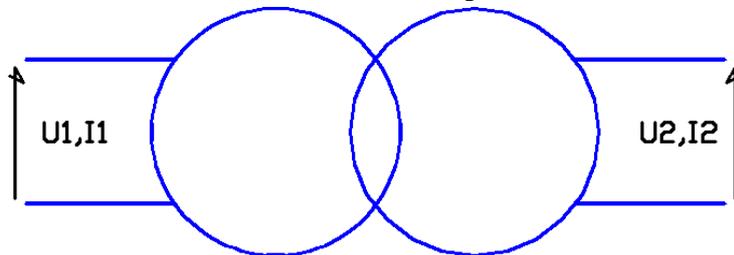


Figure.(II.2).représentation schématique d'un transformateur élévateur.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (\text{II.1})$$

N : le nombre de spires

Outre la transmission de l'énergie électrique avec modification des tensions, les transformateurs peuvent être utilisés pour contrôler les tensions de nœuds des réseaux.

Ce contrôle de tension utilise la variation du nombre de spire des transformateurs. (Réglage hors charge ou en charge de la tension)

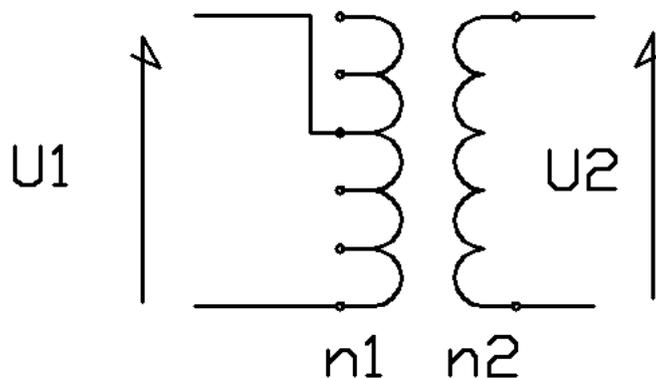


Figure.(II.3).Transformateur régleur de charge.

II.4.1. Le schéma équivalent d'un transformateur :

Un schéma équivalent du transformateur est comme suit :

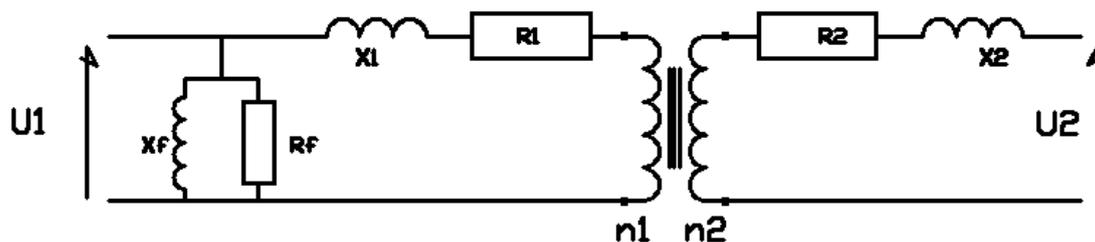


Figure.(II.4).schéma équivalent d'un transformateur.

II.4.2. Caractéristiques pratiques du transformateur (25)

- Essai à vide et essai en court-circuit,
- S_n Puissance apparente nominale (VA)
- V_{pn} , V_{sn} tensions primaire et secondaire (V)
- U_{pn} , U_{sn} tensions primaire et secondaire (V)
- I_{pn} , I_{sn} courants primaire et secondaire (I)
- Rendement, Température, Couplage, indice horaire
- Rapport de transformation fixe, variable, plots de variation de V au primaire

II.5 . Les charges :

Les charges peuvent être modélisées en fonction des puissances actives P et réactives Q appelées et son admittance Y .

$$Y = G - jB \quad (\text{II.2})$$

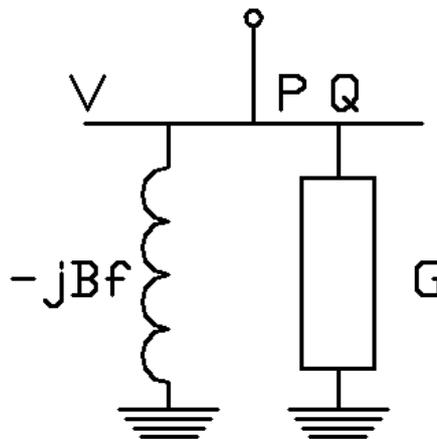


Figure.(II.5). Modélisation des charges en fonction des puissances actives et réactives.

II.6 . Mise en équation du réseau :

L'établissement du modèle a pour but de déterminer les équations algébriques représentant les interconnexions entre les lignes, les générateurs les transformateurs et les charges. Le réseau électrique peut être décrit sous la forme matricielle suivante :

$$[I] = [Y] \times [V] \quad (\text{II.3})$$

$[I]$: le vecteur des courants injectés aux nœuds du réseau.

$[V]$: le vecteur des tensions aux nœuds du réseau.

$[Y]$: la matrice d'admittance du réseau.

La matrice admittance $[Y]$ se compose de termes diagonaux $[Y_{ii}]$ et des termes non-diagonaux $[Y_{ij}]$.

les termes $[Y_{ii}]$, (self admittance), représentent la somme de toutes les admittances connectées aux nœuds i .

Les termes $[Y_{ij}]$, (l'admittance mutuelle), représentent la somme de toutes les admittances joignant les nœuds i et j

II.6.1. Modélisation des éléments du réseau électrique :

Un réseau de distribution d'énergie électrique contient un ensemble de composants qu'il faut modéliser pour pouvoir établir les équations qui régissent le comportement de l'ensemble.

II.6.1.1 Le Générateur de puissance :

Cet élément doit fournir une certaine puissance donnée à une tension fixe. Les puissances active et réactive sont maintenues dans certaines limites pour respecter les contraintes.

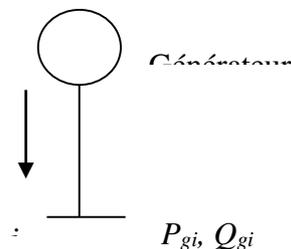
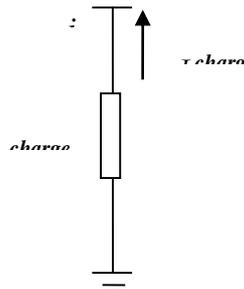


Figure.(II.6). Représentation schématique d'un Générateur

II.6.1.2 La Charge :

Elle est modélisée par une impédance constante calculée à partir des puissances actives et



réactives consommées.

Figure. (II.7). Représentation schématique d'une charge

Cette admittance est définie par l'expression suivante :

$$y_i = \frac{P_i - jQ_i}{|V_i|^2} \quad (\text{II.4})$$

II.6.1.3 La Ligne de transport :

La transmission de l'énergie électrique des centrales de production vers les centrales de consommation est assurée par la ligne de transport. Elle est représentée par un modèle en π donnée par la Figure(II.8).

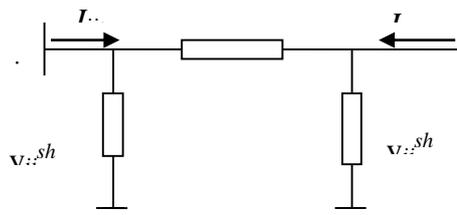


Figure.(II.8) Modèle d'une ligne en π

$$y_{ij} = z_{ij}^{-1} = g_{ij} + jb_{ij} \quad (\text{II.5})$$

Avec :

$$g_{ij} = \frac{R_{ij}}{R_{ij}^2 + X_{ij}^2} \quad (\text{II.6})$$

$$b_{ij} = \frac{-X_{ij}}{R_{ij}^2 + X_{ij}^2} \quad (\text{II.7})$$

II.6.1.4 Le Transformateur :

Pour modéliser les transformateurs, généralement on suppose que la réactance magnétique est infinie, ainsi un transformateur peut être considéré alors comme une admittance égale à son admittance en court-circuit placée derrière un transformateur idéal de rapport de transformation normalisé ($a : 1$). Le transformateur est représenté par un modèle équivalent ;

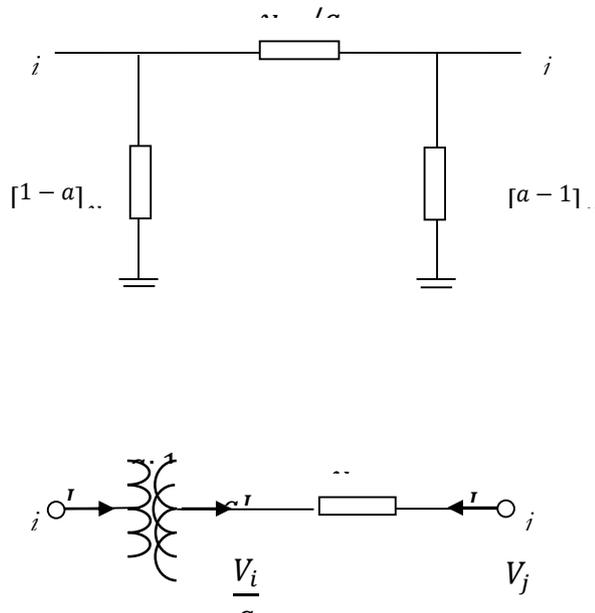


Figure.(II.9).Modèle du transformateur avec régleur en charge.

L'admittance du transformateur est exprimée par :

$$b_{ij} = \frac{-X_{ij}}{R_{ij}^2 + X_{ij}^2} \quad (\text{II.8})$$

II.7. Conclusion :

La résolution du problème de l'écoulement des puissances dans tout système électrique nécessite un modèle mathématique pour calculer les différents paramètres du réseau électrique.

Dans un réseau électrique, on a d'une part des charges électriques et d'autre part des générateurs dispersés et reliés entre eux par un réseau de lignes et de câbles.

Les capacités de production des différents générateurs étant connues, comment calculer l'état électrique complet du réseau, c'est à dire les courants, tensions et puissances et de déterminer des puissances actives et réactives.

Equation Chapter 3 Section 3

Chapitre III :

L'ÉCOULEMENT DE PUISSANCE

III.1.Introduction :

Le calcul de l'écoulement des puissances a une importance primordiale dans la résolution des problèmes énergétiques, il concerne le producteur et le consommateur.

Le producteur doit connaître parfaitement le comportement de son réseau de point de vue transit des puissances en exigeant un facteur de puissance acceptable afin de réduire la chute de tension.

Le consommateur quant à lui exige une bonne qualité de service.

La résolution du problème de la répartition des charges [5, 6, 7, 8, 9] nous permet de déterminer les valeurs du module et la phase de la tension en chaque nœud du réseau pour des conditions de fonctionnement données, ce qui permettra de calculer les valeurs des puissances actives et réactives qui transitent dans chaque ligne.

Le bilan de la puissance injectée en chaque nœud peut donc être établi, ce qui nous fournit la valeur des pertes actives et réactives du réseau.

Pour résoudre le problème d'écoulement de puissances dans un réseau d'énergie électrique, on utilise la méthode des nœuds car la matrice des admittances aux nœuds est plus facile à établir, de plus cette matrice est assez creuse, ce qui facilite le calcul.

III.2.Type des nœuds :

On distingue différents types des nœuds dans un réseau électrique selon leurs rôles.(1)

III.2.1.Nœuds producteurs (associés aux centrales) :

Dans ce type des nœuds les valeurs de la puissance active (consigne imposée par le dispatching) et de la tension sont connues, la puissance réactive et la phase de la tension sont inconnues.

III.2.2.Nœuds consommateurs (associés aux charges) :

Les valeurs de la puissance active et la puissance réactive sont connues, le module et la phase de la tension sont inconnus.

III.2.3.Nœud de bilan :(associés aux centrale la plus puissante et la plus fiable):

Le nœud associé à cette centrale est caractérisé par le module et la phase de sa tension, ce dernier est souvent prise comme origine des phases et posée égale à zéro, les inconnues sont les puissances actives et réactives.

En résumé le problème se pose sous la forme suivante :

Nœuds	Données	Inconnues
Nœuds producteurs	P et E 	Q et δ
Nœuds consommateurs	P et Q	 E et δ
Nœud balancier	 E et δ	P et Q

III.3. Détermination de la matrice admittance :

Le calcul des éléments de la matrice admittance est important pour procéder à un calcul d'écoulement des puissances.

Soit le schéma équivalent d'une branche entre deux nœuds i et j (figure.(III.1)).

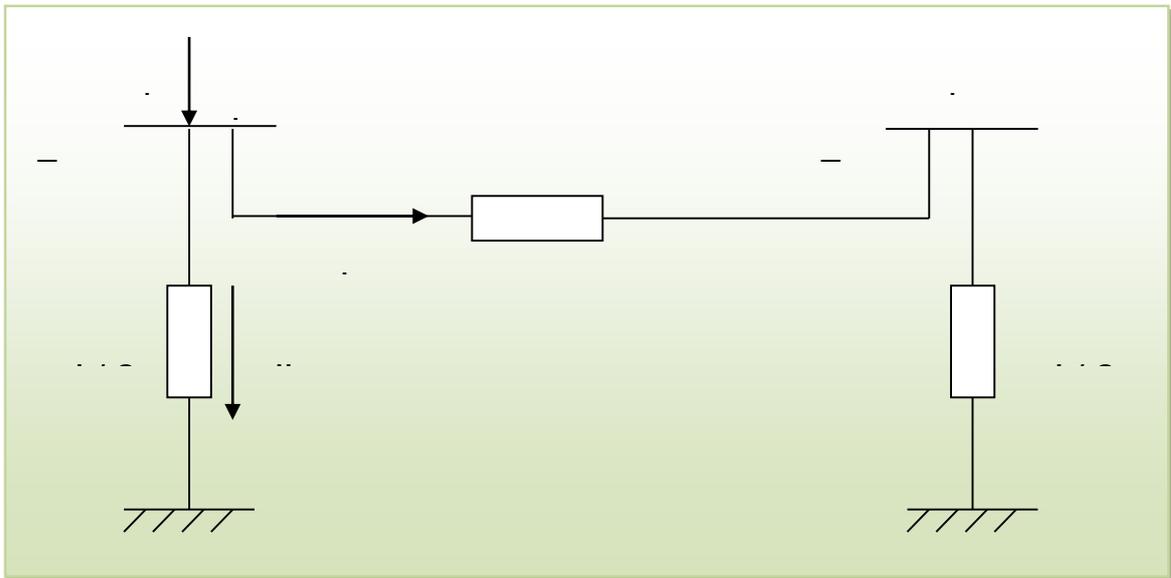


Figure.(III-1).Schéma représentant une branche entre deux nœuds.

Où :

I_i : le courant injecté au nœud i.

E_i, E_j : tensions aux nœuds i et j.

$y'_{ij}/2$: admittance shunt de l'élément i-j.

I_{ij} : courant qui transite du nœud i au nœud j.

Y_{ij} : admittance de ligne i-j.

I'_{ij} : courant de fuite au nœud i.

L'admittance d'une branche est calculée à partir de son impédance et on écrit :

$$Y_{ij} = \frac{1}{Z_{ij}} = \frac{1}{r_{ij} + jx_{ij}} = \frac{r_{ij}}{r_{ij}^2 + x_{ij}^2} - j \frac{x_{ij}}{r_{ij}^2 + x_{ij}^2} \quad (\text{III.1})$$

On peut écrire :

$$y_{ij} = g_{ij} - j b_{ij} \quad (\text{III.2})$$

Où la conductance est égale à :

$$g_{ij} = \frac{r_{ij}}{r_{ij}^2 + x_{ij}^2} \quad (\text{III.3})$$

Et la susceptance :

$$b_{ij} = \frac{x_{ij}}{r_{ij}^2 + x_{ij}^2} \text{ la susceptance} \quad (\text{III.4})$$

L'admittance propre du nœud k est donnée par :

$$Y_{ii} = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \left(y_{ij} + \frac{y'_{ij}}{2} \right) \quad (\text{III.5})$$

Où :

y'_{ij} est l'admittance shunt de l'élément i-j.

L'admittance mutuelle entre le nœud i et le nœud j est :

$$Y_{ij} = -y_{ij} \text{ pour } i \neq j \quad (\text{III.6})$$

III.4. Détermination des courants :

Les équations qui régissent le réseau par l'application de la deuxième loi de Kirchhoff peuvent être données par la formule suivante :

$$I_i = \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n (I_{ij} + I'_{ij}) \quad (\text{III.7})$$

Le courant transmis du nœud i vers le nœud j à pour l'expression :

$$I_{ij} = \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n (y_{ij} (E_i - E_j)) \quad (\text{III.8})$$

Le courant de fuite à la terre est donné par :

$$I'_{ij} = \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n \left(\frac{y'_{ij}}{2} E_i \right) \quad (\text{III.9})$$

En fin l'expression du courant I_i au nœud i :

$$I_i = I_{ij} + I'_{ij} \quad (\text{III.10})$$

$$I_i = \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n (y_{ij} (E_i - E_j)) + \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n \left(\frac{y'_{ij}}{2} E_i \right) \quad (\text{III.11})$$

$$I_i = E_i \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n \left(y_{ij} + \frac{y'_{ij}}{2} \right) - \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n y_{ij} E_j \quad (\text{III.12})$$

D'où :

III.5. Calcul de l'écoulement de puissances :

[10]

III.5.1. Méthode de Newton - Raphson:

La méthode de « Newton-Rafeson » est basée sur la matrice admittance et permet de résoudre un système d'équation non linéaire en exprimant les puissances actives et réactives en fonction des tensions nodales.

La puissance apparente au nœud "i" est :

$$S_i^* = P_i - jQ_i = E_i^* \cdot I_i \quad (\text{III.17})$$

Le courant "I_i" s'exprime en fonction des admittances aux nœuds par la relation suivante:

$$I_i = \sum_{j=1}^n Y_{ij} \cdot E_j \quad (\text{III.18})$$

Et comme :

$$E_i = e_i + jf_i \quad (\text{III.19})$$

$$E_j = e_j + jf_j \quad (\text{III.20})$$

$$Y_{ij} = G_{ij} - jB_{ij} \quad (\text{III.21})$$

L'équation (III-18) s'écrit donc :

$$S_i^* = P_i - jQ_i = (e_i - jf_i) \cdot \sum_{j=1}^n (G_{ij} - jB_{ij}) \cdot (e_j + jf_j) \quad (\text{III.22})$$

En séparant les parties réelles et imaginaires, on aura:

$$P_i = \sum_{j=1}^n [e_i(e_j G_{ij} + f_j B_{ij}) + f_i(f_j G_{ij} - e_j B_{ij})] \quad (\text{III.23})$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^n [f_i(e_j G_{ij} + f_j B_{ij}) - e_i(f_j G_{ij} - e_j B_{ij})] \quad (\text{III.24})$$

D'après ce qui précède, on voit qu'il résulte pour chaque nœud deux équations, les puissances actives et réactives sont connues, excepté la tension du nœud balancier qui est fixée, on est amenée à déterminer les parties réelles et imaginaires des tensions des autres nœuds, on aura donc $(2n-1)$ équations à résoudre.

La méthode "Newton-Raphson" exige qu'un système d'équation linéaire soit formé en exprimant les relations entre les variations des puissances actives et réactives et celles des composantes réelles et imaginaires des tensions nodales comme suit :

$$\begin{bmatrix} \Delta P_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \Delta P_{n-1} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \Delta Q_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \Delta Q_{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_1}{\partial e_1} & \dots & \frac{\partial P_1}{\partial e_{n-1}} & ; & \frac{\partial P_1}{\partial f_1} & \dots & \frac{\partial P_1}{\partial f_{n-1}} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial P_{n-1}}{\partial e_1} & \dots & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial e_{n-1}} & ; & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial f_1} & \dots & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial f_{n-1}} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial Q_1}{\partial e_1} & \dots & \frac{\partial Q_1}{\partial e_{n-1}} & ; & \frac{\partial Q_1}{\partial f_1} & \dots & \frac{\partial Q_1}{\partial f_{n-1}} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial e_1} & \dots & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial e_{n-1}} & ; & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial f_1} & \dots & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial f_{n-1}} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta e_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \Delta e_{n-1} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \Delta f_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \Delta f_{n-1} \end{bmatrix} \quad (III.25)$$

Les coefficients de la matrice sont le Jacobien et le premier nœud est le nœud de référence (balancier).

Les équations qui déterminent les éléments du Jacobien sont obtenues à partir des dérivées partielles des puissances actives et des puissances réactives.

La puissance active est donnée par l'expression :

$$\begin{aligned} P_i &= e_i (e_i G_{ii} + f_i B_{ii}) + f_i (f_i G_{ii} - e_i B_{ii}) \\ &+ \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \left[e_i (e_j G_{ij} + f_j B_{ij}) + f_i (f_j G_{ij} - e_j B_{ij}) \right] \end{aligned} \quad (III.26)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

Les éléments diagonaux de J_1 :

$$\frac{\partial P_i}{\partial e_i} = 2 e_i G_{ii} + f_i B_{ii} - f_i \cdot B_{ii} + \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n (e_j G_{ij} + f_j B_{ij}) \quad (\text{III.27})$$

D'autre part, le courant dans un nœud " I " est donné par :

$$I_i = c_i + jd = (G_{ii} - jB_{ii})(e_i + jf_i) + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n (G_{ij} - jB_{ij})(e_j + jf_j) \quad (\text{III.28})$$

La partie réelle et la partie imaginaire s'écrivent :

$$c_i = (e_i G_{ii} + f_i B_{ii}) + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n (e_j G_{ij} + f_j B_{ij}) \quad (\text{III.29})$$

Et

$$d_i = (f_i G_{ii} + e_i B_{ii}) + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n (f_j G_{ij} + e_j B_{ij}) \quad (\text{III.30})$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

On peut simplifier l'expression du courant en introduisant la composante c_i dans l'équation (III-27) on obtient :

$$\frac{\partial P_i}{\partial f_j} = e_i G_{ii} - f_i B_{ii} + c_i \quad (\text{III.31})$$

Les éléments non diagonaux de J_1 :

$$\frac{\partial P_i}{\partial e_j} = e_i G_{ij} - f_i B_{ij} \quad (\text{III.32})$$

Les éléments diagonaux de J_2 :

$$\frac{\partial P_i}{\partial f_i} = e_i B_{ii} + 2f_i G_{ii} - e_i B_{ii} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n (f_j G_{ij} + e_j B_{ij}) \quad (\text{III.33})$$

En substituant la composante imaginaire du courant dans l'équation précédente :

$$\frac{\partial P_i}{\partial f_i} = e_i B_{ii} + f_i G_{ii} + d_i \quad (\text{III.34})$$

Les éléments non diagonaux de J2 :

$$\frac{\partial P_i}{\partial f_j} = e_i B_{ij} + f_i G_{ij} \quad (\text{III.35})$$

Détermination des éléments de J3 et J4 :

Ces éléments sont calculés en utilisant les dérivées partielles de la puissance réactive qui a pour expression :

$$Q_i = f_i (e_i G_{ii} + f_i B_{ii}) - e_i (f_i G_{ii} - e_i B_{ii}) + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n [f_i (e_j G_{ij} + f_j B_{ij}) - e_i (f_j G_{ij} - e_j B_{ij})] \quad (\text{III.36})$$

Les éléments diagonaux de J3 :

$$\frac{\partial Q_i}{\partial e_i} = f_i G_{ii} - f_i G_{ii} + 2e_i B_{ii} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n (f_j G_{ij} - e_j B_{ij}) \quad (\text{III.37})$$

On introduit la composante imaginaire de l'équation dans l'équation on aura donc :

$$\frac{\partial Q_i}{\partial e_i} = f_i G_{ii} + e_i B_{ii} - d_i \quad (\text{III.38})$$

Les éléments non diagonaux de J3 :

$$\frac{\partial Q_i}{\partial e_j} = f_i G_{ij} + e_i B_{ij} \quad (III.39)$$

$j \neq i$

Les éléments diagonaux de J4 :

$$\frac{\partial Q_i}{\partial f_i} = e_i G_{ii} - e_i G_{ii} + 2e_i B_{ii} + \sum_{\substack{m=1 \\ m \neq k}}^n (e_j G_{ij} + f_j B_{ij}) \quad (III.40)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial f_i} = -e_i G_{ii} + f_i B_{ii} + c_i \quad (III.41)$$

Les éléments non diagonaux de J4 :

$$\frac{\partial Q_i}{\partial f_i} = -e_i G_{ij} + f_i B_{ij} \quad (III.42)$$

$j \neq i$

Et on peut écrire le système sous la forme réduite :

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta e \\ \Delta f \end{bmatrix} \quad (III.43)$$

Les variations des puissances actives et réactives expriment la différence entre les Valeurs planifiées et calculées :

$$\begin{aligned} \Delta P_i^k &= P_{i(\text{planifiée})} - P_i^k \\ \Delta Q_i^k &= Q_{i(\text{planifiée})} - Q_i^k \end{aligned} \quad (III.44)$$

Dans le premier temps on prend comme valeur estimée pour les tensions des nœuds et celle du nœud balancier .Les éléments de l'admittance et les tensions sont utilisées pour déterminer les éléments du Jacobien comme il est montré dans les équations (III-32),..., (III-42).

On aura à calculer les nouvelles valeurs des composantes de la tension :

(III.45)

$$f_i^{k+1} = f_i^k + \Delta f_i^k \quad (III.46)$$

Le procédé se répète jusqu'à l'obtention de la tolérance voulue pour les variations de la puissance active ΔP_i^k et de la puissance réactive ΔQ_i^k pour tous les nœuds.

III.5.1.1. Algorithme de la méthode de Newton – Raphson :

On peut résumer cette méthode par les étapes suivantes :

Etape 1 :

Formation de la matrice admittance [Y]. Estimation des valeurs initiales des tensions nodales $E_i^{(0)}$ à l'exception du nœud bilan,

$$i = 1, 2, \dots, n ; i \neq s ; j = 1, 2, \dots, n. \quad (III.47)$$

Etape 2 :

Calcul des puissances actives et réactives P_i et Q_i pour tous les nœuds

Etape 3 :

Calcul des différences entre les valeurs des puissances planifiées et calculées.

Etape 4 :

Calcul du Jacobien J_1, J_2, J_3, J_4 .

Etape 5 :

Résolution matricielle du système linéaire.

Etape 6 :

Détermination des nouvelles estimations :

$$e_i^{k+1} = e_i^k + \Delta e_i^k \quad (\text{III.48})$$

Et

$$f_i^{k+1} = f_i^k + \Delta f_i^k \quad (\text{III.49})$$

Etape 7 :

Les nouvelles valeurs obtenues sont remplacées dans les formules

De la puissance active et réactive pour recalculer les nouvelles variations de puissances et on revient à l'étape 3 pour le processus itératif.

Etape 8 :

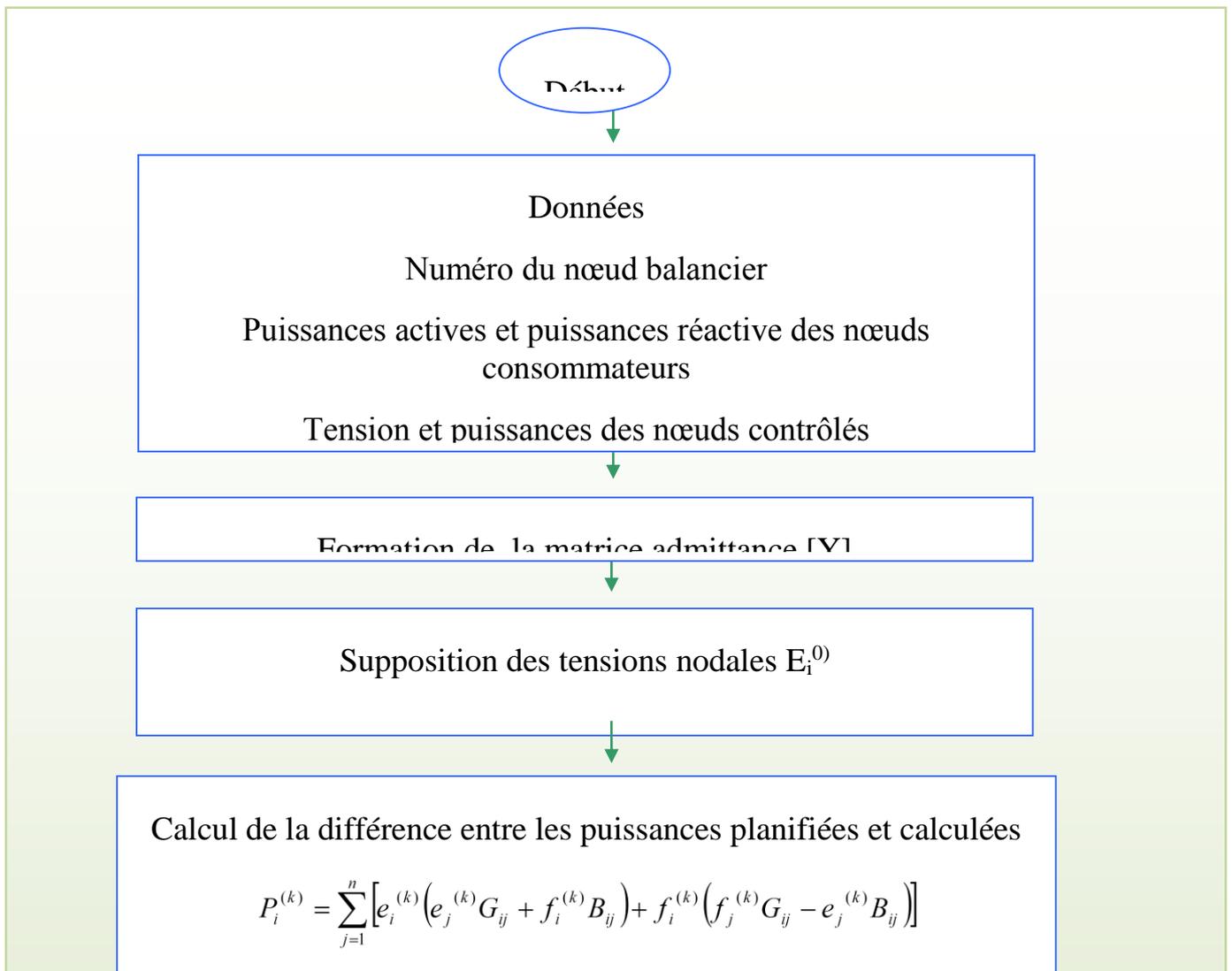
Les éléments du Jacobien sont calculés, ainsi que les puissances (P_i et O_i) puisqu'ils dépendent des tensions nodales.

La fin du processus itératif est atteinte lorsque les variations seront aussi petites que possible ceci est traduit par les deux inégalités suivantes :

$$|\Delta P| \leq \xi \text{ ET } |\Delta Q| \leq \xi \quad (\text{III.50})$$

ξ : étant la précision du calcul.

III.5.1.2. Organigramme de la méthode de Newton – Raphson :



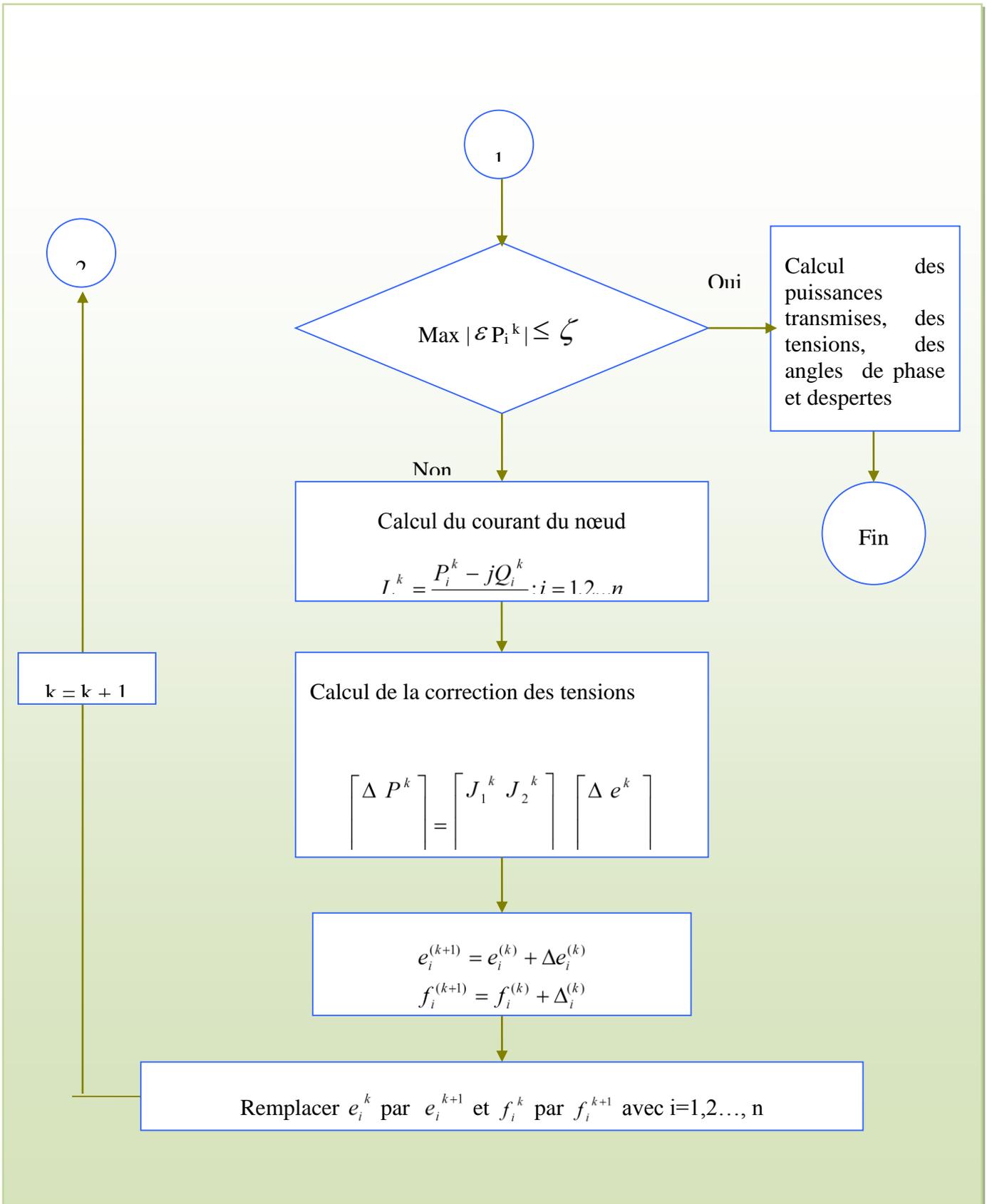


Figure.(III-2).Organigramme de la méthode de Newton-Raphson.

III.5.2. Calcul des puissances transmises :

Sachant que :

$$S_{ij} = E_i \cdot I_{ij}^* \quad (\text{III.51})$$

S_{ij} : la puissance apparente transmise du nœud « i » vers le nœud « j » en remplaçant (III.11) dans (III.48) on obtient :

$$S_{ij} = \sum_{j=1}^n E_i (Y_{ij}^* (E_i^* - E_j^*)) + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n E_i E_j^* \frac{Y_{ij}^*}{2} \quad (\text{III.52})$$

$$S_{ji} = E_j \cdot I_{ji}^* \quad (\text{III.53})$$

$$S_{ji} = \sum_{\substack{m=1 \\ k \neq m}}^n E_j (Y_{ij}^* (E_j^* - E_i^*)) + \sum_{\substack{m=1 \\ k \neq m}}^n E_j E_k^* \frac{Y_{ij}^*}{2} \quad (\text{III.54})$$

III.5.3. Calcul des puissances injectées :

$$S_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n S_{ij} \quad (\text{III.55})$$

$i = 1, 2, \dots, n$

III.5.4. Calcul des pertes:

$$S_L = \sum_{i=1}^n S_i \quad (\text{III.56})$$

La résolution du problème de l'écoulement de puissance par la méthode Newton-Raphson est schématisée par l'organigramme de la Figure 2.9. Noter que la résolution de $\Delta\delta$ et $\Delta|V|$ exige la solution d'un ensemble d'équations linéaires dont les coefficients forment la matrice Jacobienne.

La matrice Jacobienne est généralement une matrice creuse. Les programmes basés sur la méthode Newton-Raphson, qui sont destinés à la solution de problème d'écoulement de puissance ont beaucoup de succès, cet avantage est dû au fait que le Jacobien est une matrice «creuse».

Dans la procédure de résolution, l'inverse de la matrice Jacobienne est calculé par l'élimination de Gauss plutôt que de le calculer explicitement (J^{-1}). (Voir référence [27] pour l'introduction aux « techniques des matrices creuses »).

III.6. la méthode découplée de Newton :

L'algorithme de Newton, pour la résolution du problème de l'écoulement de puissance, est considéré comme la méthode la plus robuste utilisée en pratique. Mais elle présente un inconvénient, c'est que les termes de la matrice Jacobienne ainsi l'ensemble d'équations linéaires dans l'Eq. (2.56), doivent être recalculés à chaque itération [28],[29] et [30].

Puisque des milliers de solutions d'écoulements de puissance sont souvent exécutés pour une planification ou pour une étude de fonctionnement, il était important de trouver des moyens pour accélérer ce processus. La référence [28] représente le développement d'une technique connue sous le nom de « la méthode de Newton découplé rapide » (elle est dite souvent « Stott découplé », référence à son premier auteur).

On commence par les éléments de la matrice Jacobienne (voir l'Eq. (3.55)), les simplifications suivantes sont faites :

- l'interaction entre la puissance injectée active P_i et toute tension $|V_k|$ est négligée (Les ingénieurs électrotechniciens ont observé que la puissance active est peu influencée par la variation de tension, ainsi cet effet a été incorporé dans l'algorithme). Donc

toutes les dérivées $\frac{\partial P_i}{(\frac{\partial |V_k|}{|V_k|})}$ seront négligées et considérées égales à zéro.

- L'interaction entre la puissance injectée réactive Q_i et l'angle de déphasage δ_k est négligée (voir la note ci-dessus, la même observation peut être faite sur l'insensibilité de la puissance réactive à la variation de l'angle de déphasage), ainsi toutes les dérivées $\frac{\partial Q_i}{\Delta\delta}$ seront aussi considérées égales à zéro.

- On pose que $\cos(\delta_i - \delta_k) \cong 1$ ce qui est une bonne approximation puisque le $\sin(\delta_i - \delta_k)$ est souvent petit.
- On suppose que : $G_{ik} \sin(\delta_i - \delta_k) \ll B_{ik}$
- et que : $Q_i \ll B_{ii} |V_i|^2$

Ce qui réduit les dérivés à :

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_k} = -|V_i||V_k|B_{ik} \quad (\text{III.57})$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_k} = -|V_i||V_k|B_{ik} \quad (\text{III.58})$$

$$\frac{\partial Q_i}{\left(\frac{\partial |V_k|}{|V_k|}\right)} = -|V_i||V_k|B_{ik} \quad (\text{III.59})$$

Si on exprime les équations de réajustement de l'écoulement de puissance comme suivant :

$$\Delta P_i = \left(\frac{\partial P_i}{\partial \delta_k}\right) \Delta \delta_k \quad (\text{III.60})$$

$$\Delta Q_i = \left[\frac{\partial Q_i}{\left(\frac{\partial |V_k|}{|V_k|}\right)} \right] \frac{\Delta |V_k|}{|V_k|} \quad (\text{III.61})$$

Puis, en substituant l'Eq.(2.57) dans l'Eq. (2.59), et l'Eq.(2.58) dans l'Eq. (3.60), on aura :

$$\Delta P_i = -|V_i||V_k|B_{ik} \Delta \delta_k \quad (\text{III.62})$$

$$\Delta Q_i = -|V_i||V_k| B_{ik} \frac{\Delta |V_k|}{|V_k|} \quad (\text{III.63})$$

Une simplification supplémentaire peut être alors faite comme suivant :

- on divise les Eqs. (3.62) et (3.63) par $|V_i|$
- on suppose que $|V_k| \cong 1$ dans l'Eq.(3.62).

Il en résulte :

$$\frac{\Delta P_i}{|V_i|} = -B_{ik} \Delta \delta_k \quad (\text{III.64})$$

$$\frac{\Delta Q_i}{|V_i|} = -B_{ik} \Delta |V_k| \quad (\text{III.65})$$

On exprime l'Eq. (3.64) et (3.65) avec deux équations matricielles :

$$\begin{bmatrix} \frac{\Delta P_1}{|V_1|} \\ \frac{\Delta P_2}{|V_2|} \\ \vdots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -B_{11} & -B_{12} & \dots \\ -B_{21} & -B_{22} & \dots \\ \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_1 \\ \Delta \delta_2 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad (\text{III.66})$$

$$\begin{bmatrix} \frac{\Delta Q_1}{|V_1|} \\ \frac{\Delta Q_2}{|V_2|} \\ \vdots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -B_{11} & -B_{12} & \dots \\ -B_{21} & -B_{22} & \dots \\ \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta |V_1| \\ \Delta |V_2| \\ \vdots \end{bmatrix} \quad (\text{III.67})$$

Il faut noter que les deux Eqs. (3.66) et (3.67) sont en fonction de la même matrice. Ces deux matrices seront différentes avec les simplifications suivantes :

- 1) On simplifie la relation entre ΔP et $\Delta \delta$ dans l'Eq.(3.66) comme suivant :
 - Supposer que $r_{ik} \ll x_{ik}$, cela va changer $-B_{ik}$ à $-\frac{1}{x_{ik}}$.
 - Négliger toutes les réactances shuntées à la terre.
 - Négliger tous les shunts avec la terre qui résultent des autotransformateurs.

2) On simplifie la relation entre ΔQ et $\Delta|V|$ dans l'Eq.(3.67) comme suivant :

- Négliger tous effets des transformateurs déphaseurs.

Les équations simplifiées sont :

$$\begin{bmatrix} \frac{\Delta P_1}{|V_1|} \\ \frac{\Delta P_2}{|V_2|} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \end{bmatrix} = [B'] \begin{bmatrix} \Delta \delta_1 \\ \Delta \delta_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \end{bmatrix} \quad (\text{III.68})$$

$$\begin{bmatrix} \frac{\Delta Q_1}{|V_1|} \\ \frac{\Delta Q_2}{|V_2|} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \end{bmatrix} = [B''] \begin{bmatrix} \Delta |V_1| \\ \Delta |V_2| \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \end{bmatrix} \quad (\text{III.69})$$

Les éléments des matrices B' et B'' sont :

$$B'_{ik} = \begin{cases} -\frac{1}{x_{ik}}, & \text{supposant une branche entre les noeuds } i \text{ et } k \\ 0 & , \text{ pas de branche entre les noeuds } i \text{ et } k \end{cases}$$

$$B''_{ii} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{x_{ik}} \quad (\text{III.70})$$

$$B_{ii}'' = \sum_{k=1}^n -B_{ik} \quad (\text{III.71})$$

La méthode découplée de Newton a plusieurs avantages et inconvénients par rapport à la méthode classique de Newton. [21] et [22]

Note : puisque l'utilisation de la méthode de Newton découplée est très répandue, la méthode classique de Newton est souvent dite : l'écoulement de puissance par la méthode « complète de Newton ».

III.6.1. Les avantages de la méthode découplée de Newton :

- Les deux matrices B' et B'' sont constantes, donc ils peuvent être calculés qu'une seule fois, et ne nécessite pas une actualisation, à part le changement de B'' résultant de la limitation de la puissance réactive générée.
- puisque B' et B'' ont chacun environ un quart du nombre d'éléments de la matrice $[J]$ (la matrice Jacobien complète de Newton), il y a beaucoup moins de calcul à faire dans les Eqs. (3.67) et (3.68).

III.6.2. Les inconvénients :

- la méthode découplée de Newton ne converge pas quand certains hypothèses supposées (tel que $r_{ik} \ll x_{ik}$) sont loin d'être appliquées. Dans ces cas là on doit utiliser la méthode classique de Newton.

Note : l'Eq. (3.67) est souvent définie comme équation P- δ et l'Eq.(3.68) comme l'équation Q-V.

L'organigramme de la méthode est représenté dans la Figure 3.10. La comparaison de la convergence de l'algorithme de Gauss-Seidel, Newton et la méthode découplée de Newton est illustrée dans la Figure 3.11.

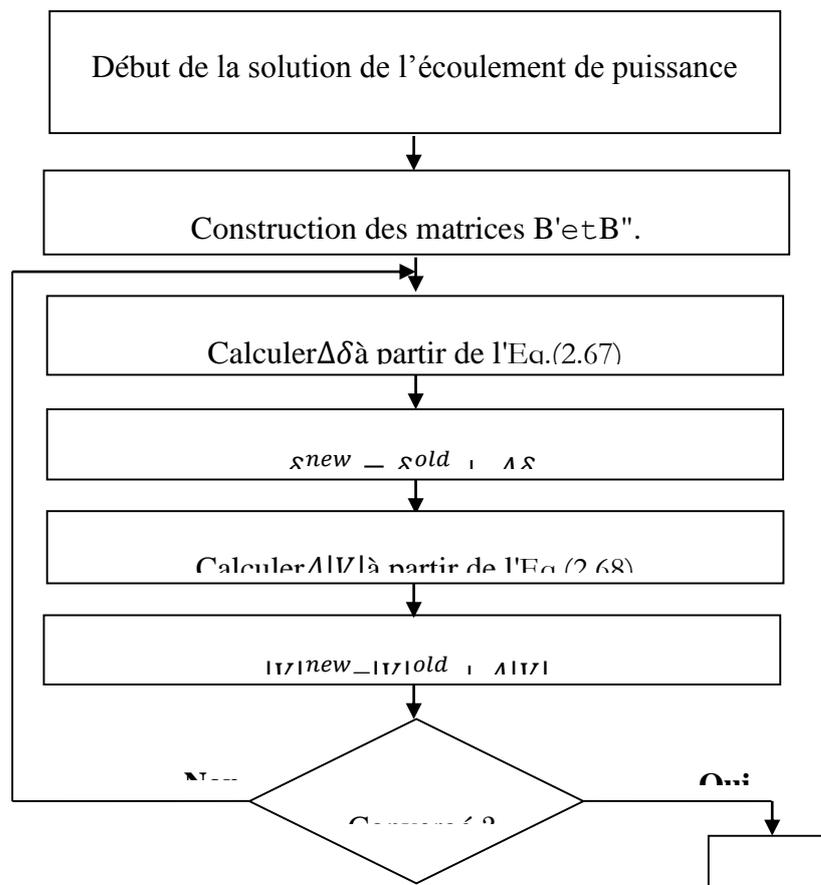


Figure. (III.3). L'algorithme découplé de l'écoulement de puissance

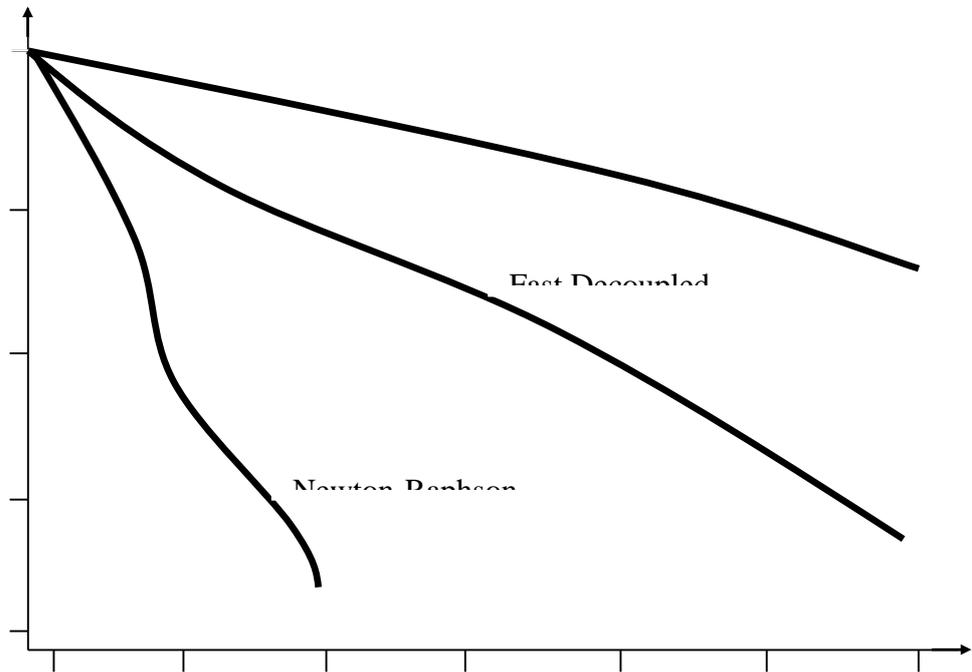


Fig.(III.4).Caractéristiques de convergence de 3 algorithmes d'écoulement de puissance.

II.8 . l'écoulement de puissance «CC" ou "DC" :

Une autre simplification de l'algorithme de l'écoulement de puissance peut être effectuée en négligeant tout simplement toute équation $Q-V$ dans l'Eq. (3.68). Ce qui donne comme résultat un algorithme linéaire et non itératif de l'écoulement de puissance [31]. Pour réaliser ces simplifications, on suppose tout simplement que $|V_i| = 1.0$ pu pour tout nœud i . L'Eq. (3.67) devient :

$$B'_{ii} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{x_{ik}} \tag{III.72}$$

Les termes de la matrice B' sont décrit précédemment. L'écoulement de puissance ^{Itératif} «CC» est utilisé uniquement pour le calcul des écoulements de puissance (MW) sur des lignes de transport et des transformateurs. Il ne donne aucune indication sur les tensions, ni sur l'écoulement de puissance réactive (MVAR) et apparente (MVA).

L'écoulement de puissance sur chaque ligne en utilisant le power flow (CC) peut être décrit par la relation suivante :

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{ik} = \frac{1}{x_{ik}} (\theta_i - \theta_k) \\ P_i = \sum_{\substack{k=\text{noeuds} \\ \text{connectés à } i}}^N P_k \end{array} \right. \quad (\text{III.73})$$

III.8. Conclusion :

L'importance de l'étude de la répartition des puissances dans un réseau est capitale pour l'obtention d'un état de réseaux à partir duquel nous avons appliqué le système de minimisation des pertes réelles.

La résolution du problème de la répartition des charges, nous permet de déterminer les valeurs du module et la phase de la tension en chaque nœud du réseau pour des conditions de fonctionnement données. Ce qui nous permettra de calculer les puissances transitées, générées et les pertes.

Le calcul de la répartition des charges se fait par différentes méthodes, on peut citer : la méthode de Newton-Raphson, la méthode de Gauss-Seidel, les méthodes découplées...et pour cela on a pris un exemple c l'impact de séisme sur le réseau électrique dans deux cas les pannes et le fonctionnement.

Chapitre IV : L'IMPACT DU SEISME SUR LE RESEAU ELECTRIQUE

IV.1 .Introduction :

Nous avons choisis de nous intéresser, lors de ces Travaux Personnels Encadrés, à l'impact des catastrophes naturelles sur les bâtiments et les aménagements de l'Homme, à travers notre problématique: "Jusqu'où l'Homme peut contrer les impacts des catastrophes naturelles sur ses bâtiments et ses aménagements?". A travers différents types de catastrophes naturelles (tempête, ouragan, séisme, tsunami) on a pu voir les impacts que pouvait avoir la nature sur nos aménagements et nos bâtiments (destruction de bâtiments, inondations, accident nucléaire, coupure de courant ...). On a également vu comment limiter ces impacts: en créant ou entretenant des digues, en construisant des bâtiments aux normes antisismiques, en anticipant les tsunamis, en limitant ou en interdisant les constructions dans les zones inondables, en barricadant les maisons avant les tempêtes, en enterrant les lignes électriques, etc. ... Et enfin, on a comparé les impacts d'un séisme entre un pays riche (Japon) qui a les moyens de limiter les dégâts et un pays pauvre (Haïti) qui n'a pas les moyens pour enrayer les impacts d'un séisme. Nous avons montrés que l'Homme luttait efficacement contre les catastrophes naturelles quand il s'en donnait les moyens mais qu'il lui restait encore du progrès à faire, à améliorer sa lutte, notamment en l'uniformisant et en aidant les pays pauvres à se défendre contre ces menaces. Se demander comment l'Homme se défend contre les menaces climatiques plus banales (précipitations de pluies, de neige, forts orages, etc...) aurait aussi été très intéressant et demande à être approfondi ...

IV.2.Définition du séisme :

Un séisme, ou tremblement de terre, se traduit en surface par des vibrations du sol. Il provient de la fracturation des roches en profondeur. Cette fracturation est due à une grande accumulation d'énergie qui se libère, en créant ou en faisant rejouer des failles, au moment où le seuil de rupture mécanique des roches est atteint.

La croûte terrestre est constituée de plusieurs grandes plaques qui évoluent les unes par rapport aux autres : certaines s'écartent, d'autres convergent, et d'autres coulissent. Environ 90 % des séismes sont localisés au voisinage des limites de ces plaques.

IV.2.1. Le cycle sismique en bref :

Alors qu'en profondeur, les plaques tectoniques se déplacent régulièrement de quelques millimètres à quelques centimètres par an, dans la partie supérieure de la croûte terrestre (30 premiers kilomètres), ce mouvement n'est pas continu. Les failles peuvent rester bloquées durant de longues périodes, tandis que le mouvement régulier des plaques (convergence ou divergence) se poursuit.

Schématiquement le scénario est le suivant : la région de la faille bloquée se déforme progressivement (déformation élastique lente) en accumulant de l'énergie, jusqu'à céder brutalement ; c'est la rupture sismique, les contraintes tectoniques se relâchent, la faille est à nouveau bloquée, et le cycle sismique recommence.



Figure (IV.1). Le séisme.

Il y'a 3 types de faille pour le séisme :

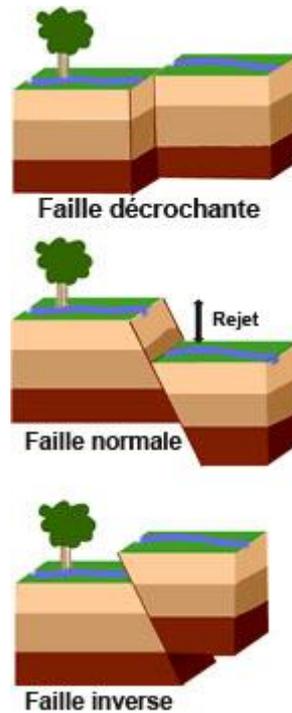


Figure (IV.2).différent type de faille pour le séisme.

IV.3.Risques de séismes dus aux essais dans les centrales géothermiques :

Un centre de recherche sur les centrales géothermiques, dans le nord-est de la France, expérimente des techniques de géothermie. L'expérience consiste à injecter de l'eau froide dans des poches de magma (2 trous préalablement forés, l'un pour l'entrée de l'eau froide et l'autre pour la sortie de l'eau transformée en vapeur, puis de la récupérer sous forme de vapeur , de la mettre en pression puis de faire tourner une turbine puis produire de l'électricité.

IV.4.Conséquences de l'expérience :

L'injection d'eau froide dans les poches de magma agissait sur les failles environnantes, l'eau agissait comme lubrifiant et produisait des micros séismes qui pouvaient aller jusqu'à produire des fissures sur les murs des maisons.

IV.5.Magnitude :

La puissance d'un tremblement de terre peut être quantifiée par sa magnitude, notion introduite en 1935 par le sismologue Charles Francis Richter¹⁰. La magnitude se calcule à partir des différents types d'ondes sismiques en tenant compte de paramètres comme la distance à l'épicentre, la profondeur de l'hypocentre, la fréquence du signal, le type de sismographe utilisé, etc. La magnitude est une fonction continue logarithmique¹⁰: lorsque l'amplitude des ondes sismiques est multipliée par 10, la magnitude augmente d'une unité. Ainsi, un séisme de magnitude 7 provoquera une amplitude dix fois plus importante qu'un événement de magnitude 6, cent fois plus importante qu'un de magnitude 5.

IV.6.L'impact du séisme :

Un tremblement de terre peut causer plus ou moins de dommages, selon sa force ou la distance qui sépare un endroit du point d'impact ou épicentre. Lors d'un grave séisme.

Il existe trois types de conséquences : humaines, économiques et environnementales.

IV.6.1.Les conséquences humaines :

Le séisme est la catastrophe naturelle la plus meurtrière connue actuellement sur le globe terrestre dû à ses effets directs (effondrements de bâtiments, chutes d'objets) et aussi par ces

phénomènes induits comme le mouvement de terrain ou encore le tsunami. Ce séisme peut aussi induire à d'autres phénomènes comme les incendies ou les ruptures de réseau de gaz provoquant un nombre important de victimes. Un très grand nombre de victimes peuvent se retrouver sans abris et donc être évacués, comme par exemple pour le séisme de Kobe en 1995 qui verra 6000 morts, 37 000 blessés et 310 000 personnes évacuées

IV.6.2. Les conséquences environnementales :

Les séismes ont pour principales conséquences de modifier les paysages (décrochement, glissement, apparition ou tarissement de sources...). Ces conséquences sont le plus souvent modérées mais dans certains cas, ce phénomène peut provoquer la disparition totale du paysage, c'est le cas lorsque les séismes atteignent une magnitude et une intensité très élevées. Ils peuvent aussi provoquer de nombreuses pollutions qui seront parfois fatales à un grand nombre de personnes.

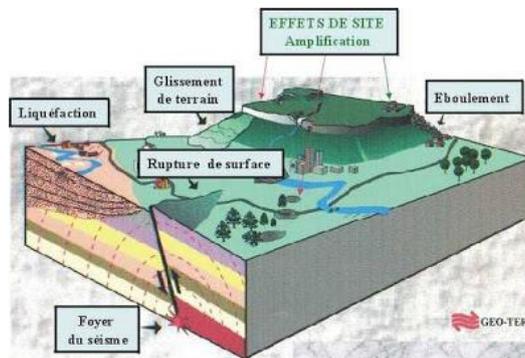


Figure (IV.3). Les conséquences environnementales du séisme.

IV.6.3. Les conséquences économiques :

Si les impacts d'un séisme d'un point de vue humain et environnementale sont très importants, ils le sont aussi sur le point de vue économique. Il peut provoquer la destruction de nombreux bâtiments comme les usines ou encore les entreprises qui sont actuellement des sites de production importants pour l'économie d'un pays mais il y a aussi la destruction de ponts, de routes et de voies ferrées qui provoque une véritable perturbation dans l'activité économique d'un pays. La reconstruction de ces dégâts coûte très chère. Par exemple avec le séisme du Japon en Mars 2011 qui fit des dizaines de milliards de dollars de dégâts.

IV.7.Exemples des impacts du séisme sur le réseau électrique dans le monde :

18 novembre 1929: le jour où la Terre a pété un câble

Dans la mémoire collective, 1929 reste comme l'année de la pire crise de l'économie capitaliste. Pourtant, elle marqua aussi celle du premier krach de l'ère de l'information, quand un tremblement de terre d'une magnitude de 7.2 a détruit le premier réseau sous-marin de câbles transatlantiques.

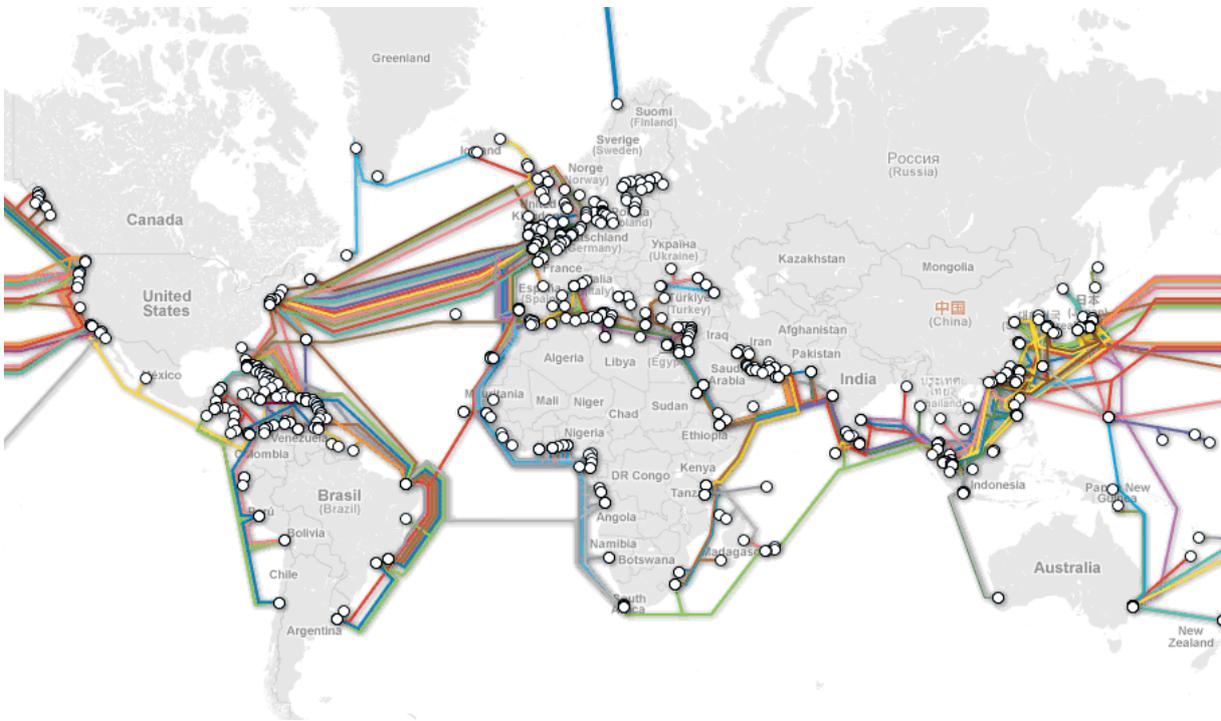


Figure (IV.4) : sismicité du monde.

Tableau (IV.1) : des exemples des impact du séisme

Pays	zone	magnitude	date	Nombre de mort
<u>Indonésie</u>	<u>Îles Andaman</u>	9,4	<u>26 décembre 2004</u>	227 898
<u>Japon</u>	<u>Sendai,</u>	9,1	<u>11 mars 2011</u>	15 776
<u>chili</u>	<u>Chillan</u>	8.3	<u>24 janvier 1939</u>	28000
<u>États-Unis</u>	<u>San Francisco</u>	8.3	<u>18 avril 1906</u>	3000

<u>Mexique</u>	Mexico	8.1	19 septembre 1985	10000
<u>Pérou</u>	lima	8.0	15 août 2007	387

IV.8.Zonage du séisme en Algérie :

L'Algérie, comme les autres pays méditerranéens, est sujette à une activité sismique importante. Situé sur la bordure de la plaque africaine laquelle Lest en mouvement continue de collision avec la plaque eurasienne, ce mouvement est responsable des séismes destructeurs qui se sont produits en Algérie et causés d'énormes pertes en vies humaines et en matériel.

Puisque le risque sismique peut être défini en une simple forme comme la convolution de l'aléa et la vulnérabilité, le risque peut être réduit en évaluant l'aléa et en réduisant la vulnérabilité des éléments à risque

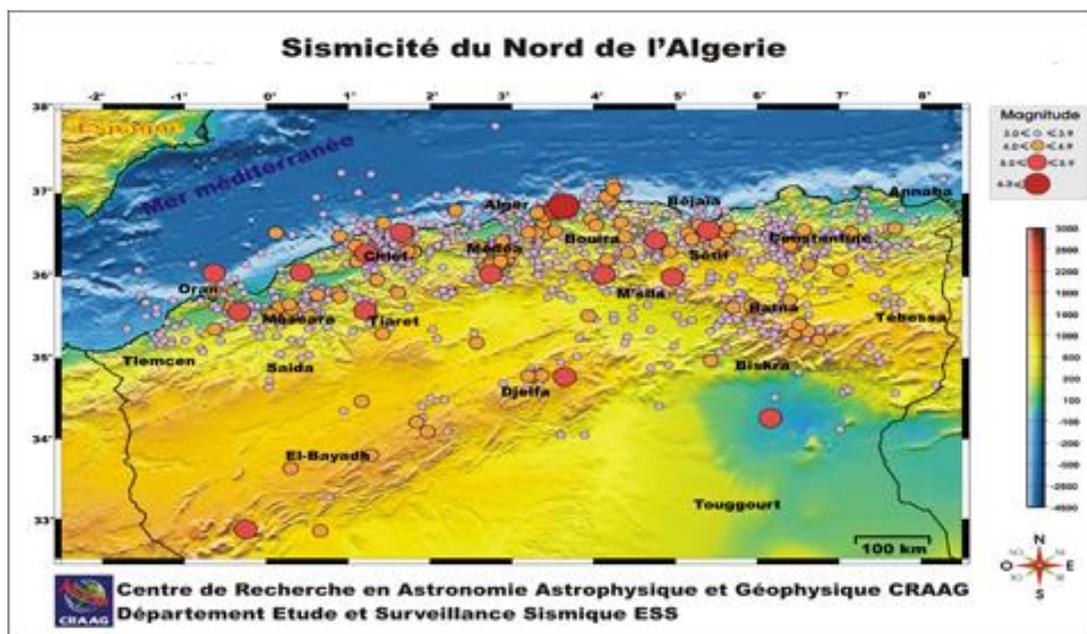


Figure (IV.5) : sismicité du nord de l'Algérie

IV.9.L'impact du séisme sur le réseau électrique :

Dans tous les pays, il existe soit une zone d'activité sismique significative, soit des installations qui requièrent une haute sécurité de fonctionnement (par exemple les centrales nucléaires, avec généralement une activité sismique faible). Dans les deux cas les équipements électriques et de contrôle commande doivent assumer pleinement leurs fonctions de sécurité.

On fait un cahier Technique a pour but de permettre aux donneurs d'ordre de dialoguer avec les spécialistes. Après un rappel sur le phénomène secousses sismiques et la façon de les spécifier, en présente l'approche Théorique nécessaire à la prise en compte de la tenue sismique des équipements dès le stade de la conception. La conception ainsi que la qualification font aujourd'hui de plus en plus appel à la modélisation et donc aux moyens de calcul puissants de l'informatique scientifique et technique. (24)

IV.10.Conception des équipements (24)

IV.10.1.Définition des objectifs :

La bonne prise en compte des contraintes sismiques dans la conception d'un équipement nécessite de connaître le degré de sûreté qu'il doit assurer pendant et après le séisme.

Les exigences requises sur le comportement d'un matériel exposé aux séismes sont :

- la stabilité (le matériel ne doit pas devenir projectile) ;
- l'intégrité (le matériel doit conserver sa géométrie initiale) ;
- le fonctionnement (le matériel doit assurer un fonctionnement total, partiel ou dégradé).

Si pour les deux premières exigences le concepteur ne doit s'inquiéter que de la tenue mécanique du matériel, pour la troisième, la démarche est plus complexe puisque les différents aspects fonctionnels doivent être pris en compte. C'est le cas courant des matériels électrotechniques pour lesquels les conditions de service exigées en cas de séisme sont généralement proches des conditions de fonctionnement nominal. Il s'agit alors de définir les caractéristiques de la structure qui transmet les excitations en fonction du seuil de fragilité des cellules fonctionnelles.

IV.10.2.Tenue mécanique :

Vérifier la tenue mécanique d'un équipement consiste à s'assurer du bon dimensionnement des fixations au sol et du non dépassement des contraintes admissibles dans sa structure. Ces critères de dimensionnement sont fortement tributaires de la position des premières fréquences de résonance vis-à-vis des sollicitations sismiques envisagées. Dans le cas d'équipements électrotechniques, la nature du transfert des sollicitations sismiques du sol vers les cellules fonctionnelles, doit être prise en compte dès la conception. Au préalable, il est nécessaire de déterminer le seuil de fragilité des organes fonctionnels (niveau d'accélération à partir duquel le matériel n'assure plus sa fonction).

IV.10.3.Tenue fonctionnelle :

Il s'agit d'évaluer les contraintes vibratoires que vont subir les organes fonctionnels, et de s'assurer que lorsqu'ils sont soumis à ces contraintes ils fonctionnent correctement, ou que leur disponibilité n'est pas affectée.

Deux cas de figures peuvent se présenter :

- L'organe fonctionnel est un dispositif de protection ou de contrôle fabriqué en série: généralement le matériel est soumis à une qualification à l'environnement vibratoire dont les résultats peuvent être exploités pour évaluer sa tenue aux contraintes sismiques. Sinon, il est nécessaire d'étudier le comportement du matériel sur la gamme d'excitation sismique (0-40 Hz) ;
- L'organe fonctionnel est un dispositif spécial ; il faut procéder à une évaluation par essai.

Dans certains cas, une analyse portant sur des essais effectués sur un matériel analogue, peut fournir des éléments techniques permettant de démontrer la tenue fonctionnelle de l'appareil.

IV.10.4.Principes de conception :

La notion de transfert est fondamentale au stade de la conception. En effet, les équipements électriques sont généralement constitués d'une ossature ou charpente (structure) qui, en cas de sollicitation sismique, transmet plus ou moins fidèlement les vibrations du plancher vers des organes fonctionnels.

IV.10.5.Spectre de réponse et caractéristiques dynamiques de la structure :

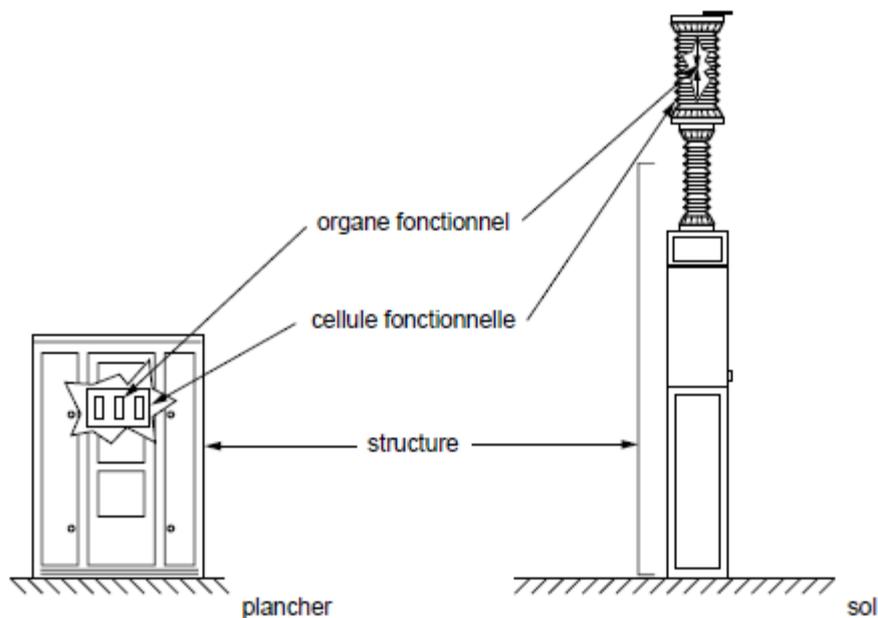
Le spectre de réponse, qui représente les mouvements du plancher, permet immédiatement :

- d'une part, de connaître la sévérité de l'excitation à laquelle l'équipement risque d'être soumis (en termes d'accélération et de déplacement).
- d'autre part, de déterminer si la structure va amplifier ou non le séisme, au vue de la position de ses fréquences de résonance vis-à-vis de la partie forte du spectre de réponse. Pour le concepteur, il est donc impératif de connaître les premières fréquences de résonance de la structure ; celles-ci peuvent être estimées par calcul, par essais ou par analogie.

Rappelons qu'un spectre comporte 2 zones :

- la partie droite du spectre, pour laquelle l'équipement prendra les mêmes accélérations que le sol sans amplification.
- la partie forte du spectre, dans laquelle la structure amplifiera les accélérations par ses résonances, ce qui conduira à des efforts et contraintes plus élevés que dans le cas précédent.

Dans cette zone, le comportement mécanique de l'équipement est dynamique et, dans ce cas, il est nécessaire de connaître les fréquences et déformées modales et de les combiner pour estimer les dommages extrêmes que peut subir l'équipement.(24)



Figure(IV.6) : définition des termes employés pour un équipement (armoire BT–disjoncteur HT)

IV.11. Qualification au séisme d'un disjoncteur HT

IV.11.1. Première étape : modélisation du disjoncteur :

La modélisation est effectuée par éléments finis : poutres, plaques et coques (pour les isolateurs), le modèle comporte 2 670 éléments et 3 200 nœuds ;

IV.11.2. Deuxième étape : analyse modale expérimentale :

Cette analyse est effectuée sur un prototype. Elle consiste, par la mesure, à acquérir les fonctions de transfert entre un point d'excitation (force générée) et des points de réponse (accélérations mesurées), puis à identifier les modes réels de la structure (fréquences de résonance et déformées associées) ;

IV.11.3. Troisième étape : recalage du modèle éléments finis :

Cette étape consiste à réajuster les paramètres de la modélisation éléments finis (finesse du maillage, paramètres physiques : module de YOUNG, masse volumique..., conditions aux limites) de façon à ce que les caractéristiques dynamiques du modèle se rapprochent le plus possible de la réalité ;



Figure(IV.7) : disjoncteur destiné à l'équipement des postes HT.

IV.11.4. Quatrième étape : mesure du coefficient d'amortissement :

Pour calculer la réponse du disjoncteur par la méthode du spectre de réponse, il faut connaître l'amortissement à appliquer au modèle. Celui-ci est obtenu en soumettant le prototype à une déformation mécanique importante (essai de lâcher) ; l'amortissement est déduit de l'observation de la décroissance des oscillations ;

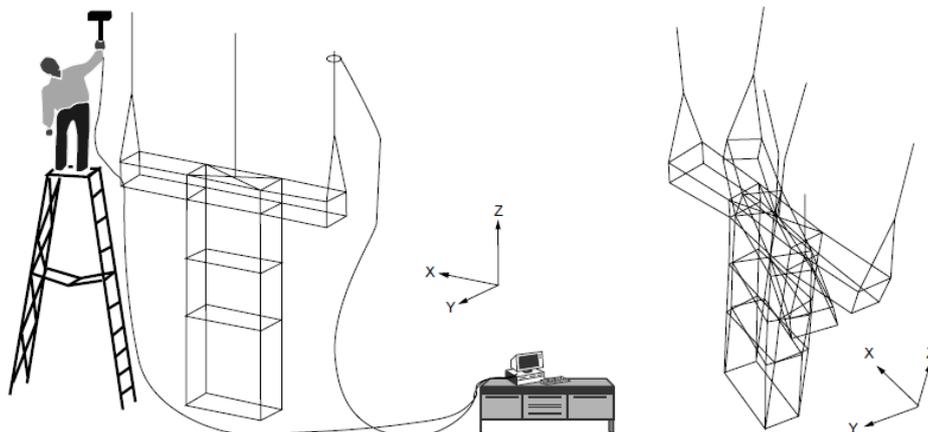
IV.11.5. Cinquième étape : calcul des efforts, contraintes, et déplacements sous charge sismique :

Le calcul de la réponse par la méthode du spectre de réponse est effectué, il permet de prendre en compte différents cas de séisme.

IV.11.6.Sixième étape : vérification de l'intégrité et de la fonctionnalité de l'appareil sous contraintes sismiques :

Cette vérification consiste : d'une part, à vérifier la tenue mécanique de la structure en termes d'efforts aux liaisons et de contraintes dans les matériaux lorsque le disjoncteur est soumis au cumul des contraintes sismiques et des contraintes de service (poids, pression interne, efforts statiques sur les bornes, vent) contraintes dans le disjoncteur HT),

d'autre part, à s'assurer que les déformations engendrées par les sollicitations sismiques ne s'opposent pas au fonctionnement de l'appareil ; cette dernière vérification se fait en statique en imposant au matériel la déformation donnée par le calcul, et en exécutant les différentes manœuvres pour lequel il est prévu.



Analyse modale expérimentale

déforme modale expérimentale

Figure(IV.8) : analyse et déforme modale expérimentale.

IV.12.Conclusion :

En conclusion, les séismes sont un phénomène dévastateur qui résulte d'un mouvement des plaques tectoniques qui s'entrechoquent ce qui provoquent des secousses dites sismique qui sont ressentis

jusqu'à la surface de la terre et peut engranger beaucoup de dégât. Il est impossible d'empêcher leur apparition. Ils sont classés sur des échelles suivant leur magnitude et leur intensité comme par exemple l'échelle de Richter. Beaucoup de scientifiques et de sismologues étudient ce phénomène pour essayer de les prévoir. Certaines études comme celle de la variation du niveau d'eau dans les puits, mise en place par les Chinois permettent en effet de savoir qu'un séisme va se produire jusqu'à un an à l'avance, mais rien ne permet d'en fixer la date exact et son emplacement. D'autres signes, qui ne sont pas scientifiquement prouvés mais dont les résultats sont encourageant, peuvent être pris en compte comme le comportement des animaux qui, plus sensible que nous aux vibrations, peuvent percevoir les secousses qui indique que les séismes est proche. La détection permet de créer une base de données comportant tous les séismes répertoriés, leur endroit et leur magnitude. C'est-à-dire que grâce à des outils sismographique nous pouvons détecter un séisme, la localisation de son épicode, sa magnitude, et le moment où celui-ci est apparu. Il nous est aussi possible d'agir en conséquence et de se munir de multiple façon contre les effets dévastateurs du séisme ; par exemple en modifiant la construction des bâtiments pour qu'ils respectent les normes parasismiques et en éduquant la population pour qu'elle sache faire face à un séisme. Mais aussi après un séisme, les associations et aides humanitaires se mettent en place pour aider les sinistrés.

Chapitre V :

SIMULATION ET DISCUSSIONS DE RÉSULTATS

V.1 .Introduction :

Dans ce chapitre on va essayer d'étudié plusieurs cas des pannes u a des séisme supposé sur le réseau algérien de 114 nœuds qui est un grand réseau de transport d'énergie électrique qui se compose de 114 nœuds et n lignes et n transformateurs qui date des années 2001 , puis on va voir l'influence de ces pannes sur la sécurité du réseau électrique et son fonctionnement.

V.2.Le logiciel LABPOWER :

Labpower (cf. figure 5,1) est le Nom du logiciel qui est le fruit d'une thèse de doctorat du Dr. SOUAG.S à l'université Djilali Liabes de sidi bel abbés soutenu en 2016. D'où il est programmé sous la plateforme LABVIEW au cours de cette thèse de doctorat afin de subvenir à des besoins de calcul cruciaux, d'où l'interface graphique que LabVIEW met à disposition du programmeur est très riche et personnalisable.

Labpower permet de faire des calculs très rapidement et analysé les résultats dans un temps record.

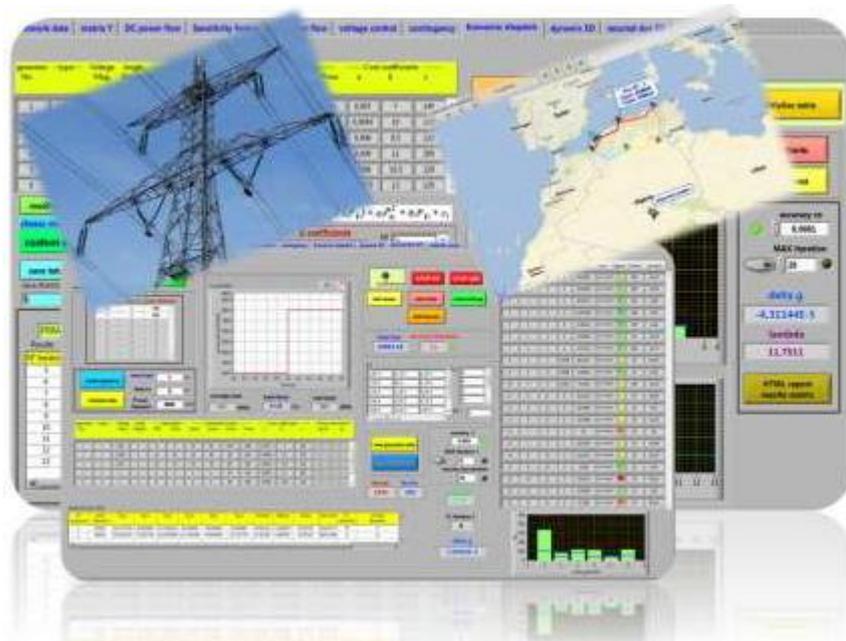


Figure (V ,1) : la photo générale définit le logiciel Labpower.

V.2.1.Introduction et mise en forme des données du réseau électrique :

Cette interface (cf. Figure 5.1) est destinée à introduire les données du réseau

Électrique, d'où elle est dotée de préserver les données sous différentes formes pour des utilisations sur d'autres logiciels.

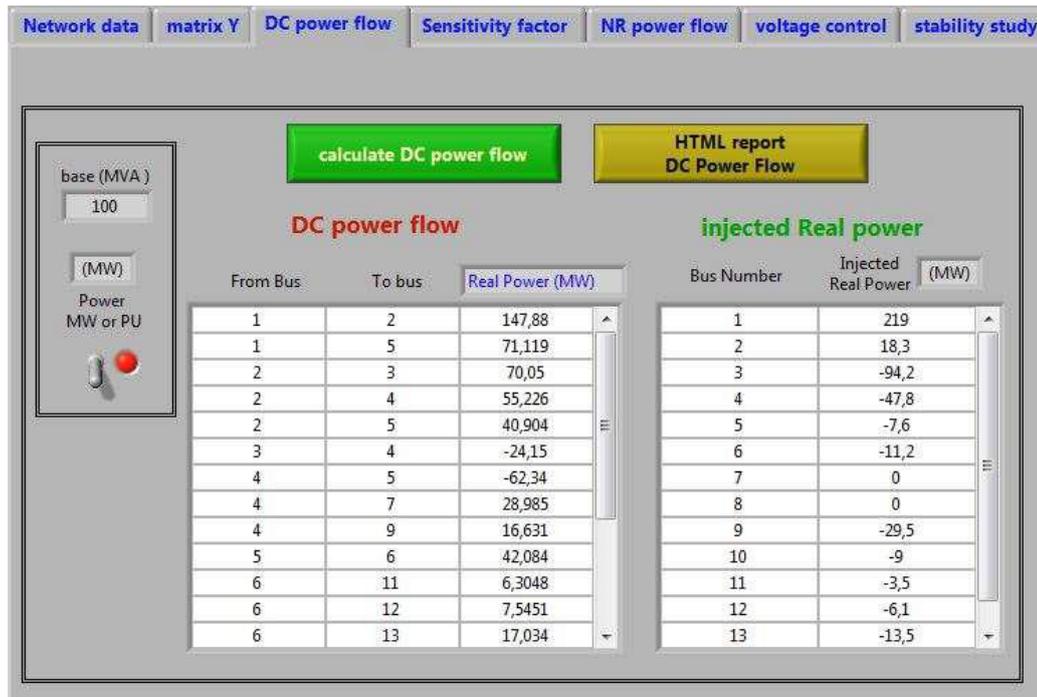
Le système permet de préserver et vérifier la conformité des données des nœuds et des Lignes introduites, et de charger les données à partir des fichiers déjà sauvegardés.



Figure (V.1) : Interface graphique du logiciel Labpower pour introduire les données.

V.2.3. Le calcul du DC load flow :

Cette interface (cf. Figure V.2) permet de calculer le dc load flow directement à partir des données déjà introduite dans l'interface et les affiche sous forme de deux tableaux distincts, et donne la possibilité d'afficher les puissances en système PU et en puissance active MW et faire sortir les résultats directement sous forme HTML pour une utilisation rapide en rédaction sous Microsoft

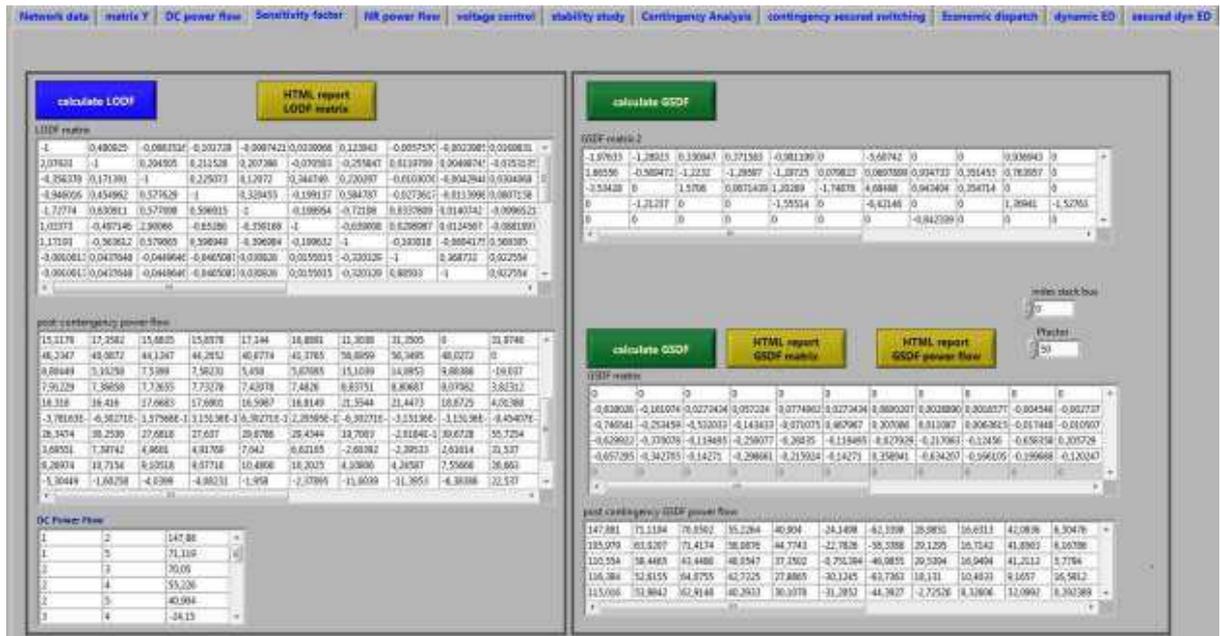


WORD ou d'autre logiciel.

Figure(V.2) : Interface graphique sur le logiciel Labpower pour le calcul du DC load flow.

V.2.4. Le calcul des facteurs de sensibilité :

L'interface (cf. Figure V.3) destinée au calcul des facteurs de sensibilité, elle est programmer directement pour calculer utilisant des algorithmes développé au cours de cette thèse pour afficher les matrice de sensibilité directement que ce soit la matrice GSDF (génération shift distribution factor) ou la matrice LODF (line outage distribution factor).



Figure(V.3) : Interface graphique sur le logiciel Labpower pour le calcul des facteurs de sensibilité.

V.2.5. Le calcul de l'écoulement de puissance par la méthode Newton-Raphson :

La tâche de l'écoulement de puissance est calculée dans l'interface (cf. Figure V.4) de Labpower en utilisant la méthode de Newton-Raphson d'où l'algorithme de résolution itérative du problème développé au cours de cette thèse permet de résoudre le problème rapidement et à partir des données déjà introduite dans l'interface de donnée principale. Et ça nous donne une vision globale des niveaux de tension des nœuds sous forme de graphique qui se met à jour automatiquement et un tableau de l'écoulement de puissance active et réactive dans chaque branche ainsi que les pertes dans ces branche du réseau électrique.

Et ça nous permet aussi de calculer les B-coefficients à partir des résultats de l'écoulement de puissance pour une utilisation ultérieure dans d'autres taches logicielles.

L'application permet d'exporter les données sous différentes forme et fichier pour des utilisations d'analyse ou de rédaction très rapide et efficace.

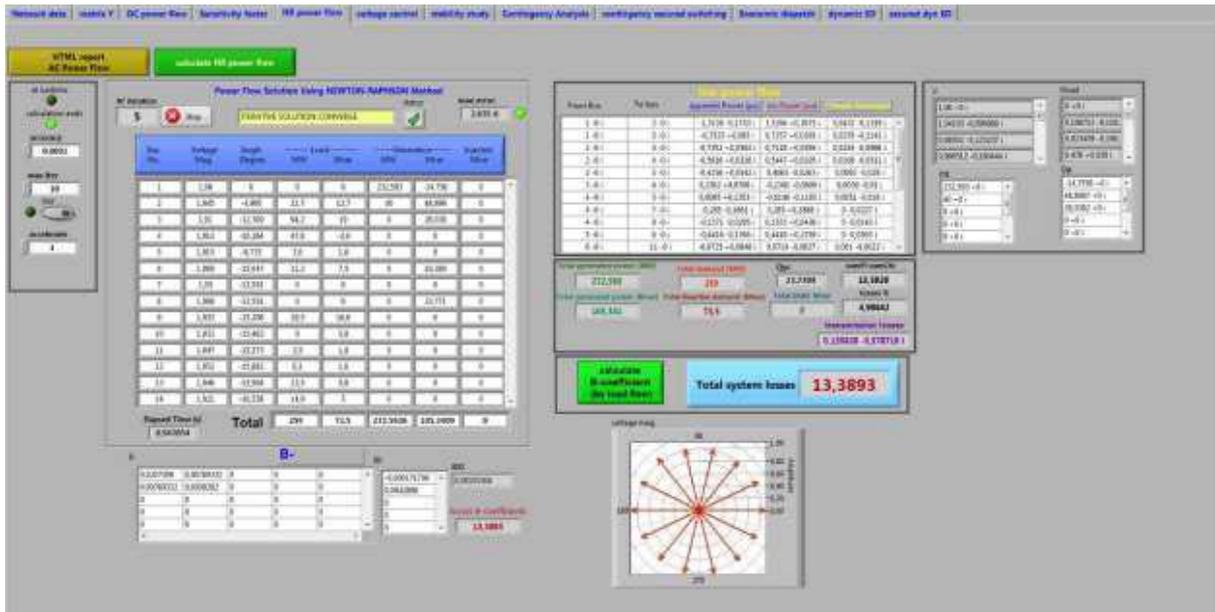


Figure (v.4) : Interface graphique du logiciel Labpower qui permet de calculer l'écoulement de puissance par la méthode de Newton-Raphson.

V.2.6. Le contrôle de tension en utilisant la logique floue :

La régulation de tension comme indiqué dans son chapitre approprié dans cette thèse, est programmé (cf. Figure V.5) sous forme d'algorithme basé sur la logique floue pour effectuer des calculs et des régulations complexe du réseau électrique, l'interface peut donner une analyse rapide et claire sur les niveaux de tension à partir des donnée échanger avec les autre taches d'application du logiciel Labpower. Ou le problème peut être résolu en seulement quelque secondes de calcul.



Figure (V.5): Interface graphique du logiciel Labpower pour la régulation de la tension

V.2.7.L'étude de stabilité et le traçage de la courbe PV :

La stabilité abordée dans le premier chapitre de cette thèse est effectuée par l'interface (cf. Figure 5.6) d'analyse de stabilité (courbe PV), qui est tracé par la méthode de l'écoulement de puissance continue décrit dans cette thèse et affiche les limites de stabilité de chaque nœud.



Figure (V.6) : l'Interface graphique du logiciel Labpower pour l'analyse de stabilité par la courbe PV.



V.2.8.L'analyse des contingences en utilisant les différentes méthodes :

L'analyse de contingence s'avère un problème complexe d'après le nombre des acteurs qui interviennent dans le calcul, à partir de notre solution sur l'interface approprié (cf. Figure 5.7) sur le logiciel Labpower, on a essayé de simplifier l'analyse on se basant sur le choix de la méthode d'analyse et le défaut ou la panne qu'on veut analysé, notre programme peut effectuer en concordance avec les autre taches déjà cité en tout simplicité en quelque seconde de simulation.

The screenshot displays the Labpower software interface with the following components:

- Navigation Tabs:** Network data, matrix Y, DC power flow (selected), Sensitivity factor, NR power flow, voltage control, stability study.
- Buttons:** check lines limits (blue), choose data (yellow), DC power flow (yellow dropdown), choose outage (yellow).
- Form Fields:** line number (0), gen number (0), power unit MVA (radio button).
- Table:** transmissions lines state table with columns: Line N°, From, to, tap, S actual, state, degree, S limits, percent.

Line N°	From	to	tap	S actual	state	degree	S limits	percent
1	1	2	0	147,881	not violated	200	200	73,94
2	1	5	0	71,1194	not violated	100	100	71,12
3	2	3	0	70,0502	not violated	100	100	70,05
4	2	4	0	55,2264	not violated	100	100	55,23
5	2	5	0	40,904	not violated	100	100	40,9
6	3	4	0	24,1498	not violated	50	50	48,3
7	4	5	0	62,3398	not violated	100	100	62,34
8	4	7	0,978	28,9851	not violated	50	50	57,97
9	4	9	0,969	16,6313	not violated	50	50	33,26
10	5	6	0,932	42,0836	not violated	100	100	42,08
11	6	11	0	6,30476	not violated	50	50	12,61
12	6	12	0	7,54514	not violated	20	20	37,73
13	6	13	0	17,0337	not violated	50	50	34,07
14	7	8	1	1,15136E-14	not violated	50	50	6,3E-14
15	7	9	1	28,9851	not violated	50	50	57,97
16	9	10	0	6,19524	not violated	20	20	30,98
17	9	14	0	9,92116	not violated	20	20	49,61
18	10	11	0	2,80476	not violated	20	20	14,02
19	12	13	0	1,44514	not violated	20	20	7,23
20	13	14	0	4,97884	not violated	20	20	24,89

Figure (V.7) :L'interface graphique du logiciel Labpower pour l'étude des Contingences avec les différentes méthodes.

V.3.Simulation du réseau ALG 114 :

V.3.1.Les données du réseau ALG 114 nœud :

Le réseau étudié est représenté sur la figure suivante :

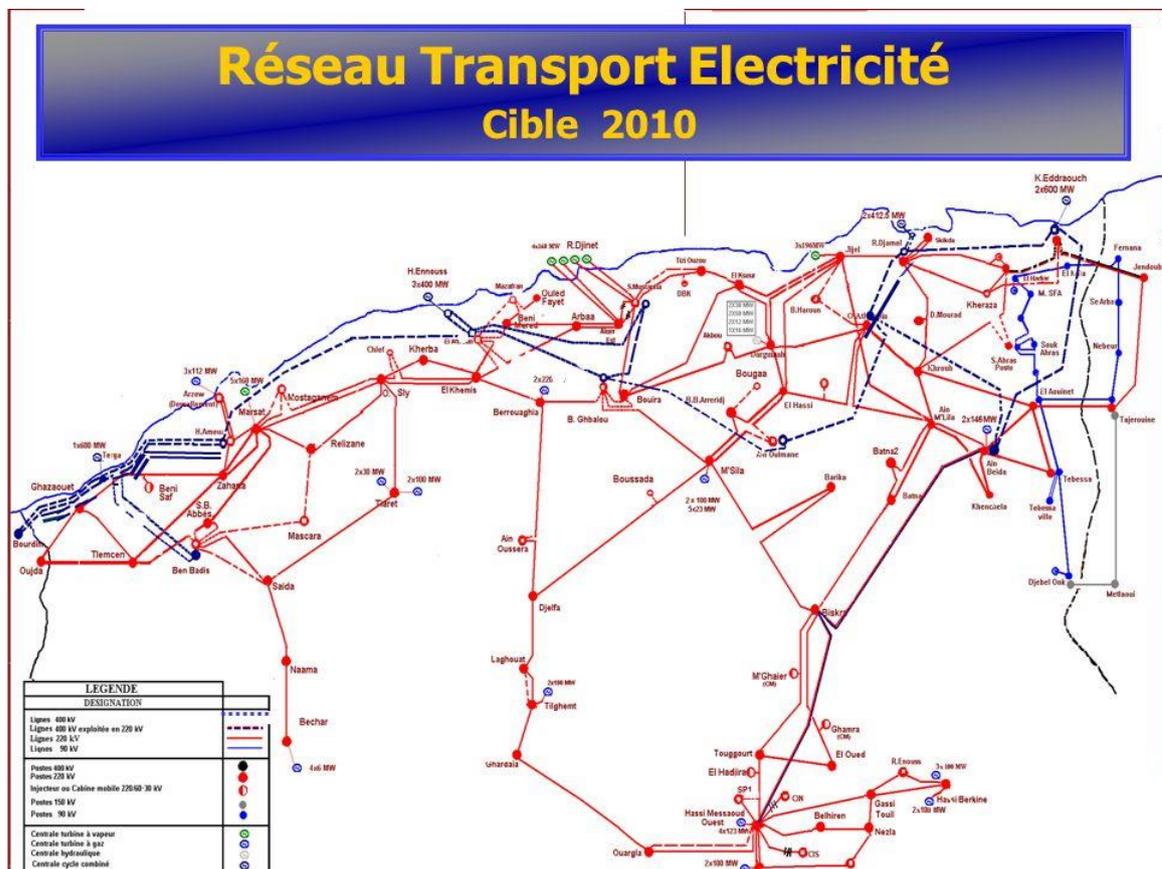


Figure (V. 8): Schéma du réseau ALG 114 nœuds.

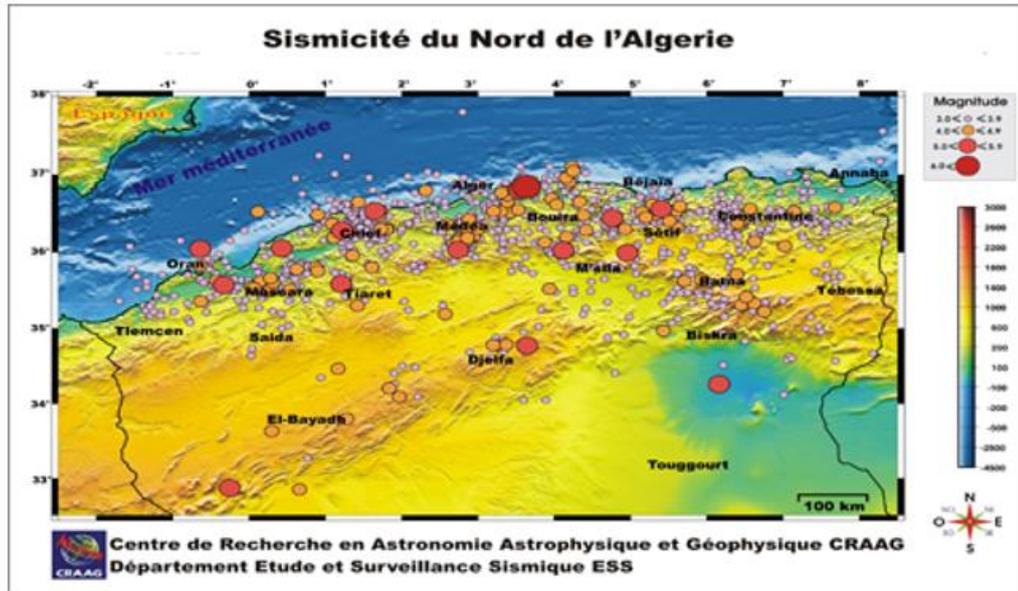


Figure (V. 9): Carte séismique au nord de l'Algérie

V.3.2. Données sismiques du réseau ALG 114 :

Nous avons fait la superposition des deux cartes précédentes et on trouve les zones sismiques sur le réseau ALG 114 nœuds puis nous avons fait la simulation et obtenu les résultats suivants :

114 nœuds (voir Tableau 5. 1), 162 lignes (voir Tableau 5.2) .

Tableau V .1 : les nœuds du réseau ALG 114.

bus départ	bus arrivé	Real Power (MW)	line limits	
1	2	0,23	5	4,62%
1	6	-0,23	5	4,62%
2	6	-0,45	10	4,55%
2	9	-35,31	50	70,63%
3	4	-188,90	200	94,45%
3	5	-80,75	100	80,75%
3	6	54,34	100	54,34%
3	9	75,31	100	75,31%
3	16	76,00	100	76,00%
4	42	53,59	100	53,59%
4	7	98,56	150	65,70%
4	5	115,75	150	77,17%
4	8	25,20	50	50,41%
6	7	-24,35	50	48,69%
7	10	19,21	50	38,42%
8	42	-24,80	50	49,59%
10	11	-66,79	100	66,79%
10	13	44,00	50	88,00%
11	42	-2,79	50	5,58%
12	13	-31,00	50	62,00%
14	16	-136,00	150	90,67%
15	16	60,00	200	30,00%
17	21	290,57	300	96,86%

17	72	-13,82	50	27,63%
17	27	64,16	100	64,16%
17	31	154,09	200	77,05%
17	64	-4,27	10	42,72%
17	18	149,27	200	74,63%
18	22	19,14	50	38,29%
18	37	17,41	50	34,83%
18	73	36,33	50	72,66%
18	20	5,38	10	53,82%
18	33	44,14	50	88,29%
18	62	26,86	50	53,71%
19	26	24,77	150	16,51%
19	34	37,23	50	74,47%
19	78	13,00	50	26,00%
19	79	14,00	50	28,00%
20	24	33,22	50	66,43%
20	29	18,13	50	36,27%
20	35	23,82	50	47,65%
20	32	11,20	50	22,40%
20	52	9,97	50	19,93%
20	21	-104,96	150	69,97%
21	44	43,21	100	43,21%
21	60	72,40	100	72,40%
22	32	13,65	100	13,65%
22	24	29,90	100	29,90%
22	37	-6,41	100	6,41%

23	30	-21,68	50	43,37%
23	36	-1,32	10	13,15%
24	25	3,12	10	31,19%
25	26	-13,88	20	69,41%
26	34	11,77	50	23,53%
26	27	-64,16	100	64,16%
26	28	-39,76	50	79,52%
26	29	48,04	100	48,04%
28	31	-39,76	50	79,52%
29	39	20,00	50	40,00%
29	35	9,18	50	18,35%
30	31	-79,23	100	79,23%
30	36	18,32	100	18,32%
30	52	9,23	50	18,46%
31	60	35,10	100	35,10%
32	33	-15,14	50	30,29%
34	38	20,00	50	40,00%
40	41	-14,92	50	29,84%
40	50	-6,08	50	12,16%
41	42	-80,92	100	80,92%
41	49	13,00	50	26,00%
42	48	-16,17	50	32,34%
42	44	-38,75	100	38,75%
43	46	2,66	10	26,58%
43	44	-38,46	50	76,92%
43	51	-2,38	10	23,77%

43	55	7,18	10	71,81%
44	48	56,59	100	56,59%
44	58	-59,18	100	59,18%
44	60	-31,42	100	31,42%
45	46	-12,00	50	24,00%
46	47	-9,34	10	93,42%
47	50	10,08	50	20,16%
47	48	-40,42	50	80,85%
51	57	-3,38	10	33,77%
52	59	-7,48	50	14,97%
52	53	-29,32	100	29,32%
53	54	34,68	100	34,68%
54	59	-5,60	10	56,02%
54	55	10,82	50	21,64%
54	56	8,46	50	16,92%
56	57	-24,54	50	49,08%
57	77	7,00	10	70,00%
57	58	-69,92	100	69,92%
58	75	-69,53	100	69,53%
58	72	-59,56	100	59,56%
59	61	27,00	50	54,00%
59	60	-76,09	100	76,09%
62	73	4,86	50	9,71%
63	66	36,48	100	36,48%
63	65	11,00	50	22,00%
63	64	-96,48	100	96,48%
64	97	-100,75	150	67,17%

Tableau V. 2 : Les lignes du réseau ALG114

66	67	3,55	50	7,10%
66	73	-2,07	50	4,14%
67	68	-3,34	10	33,39%
67	73	-3,11	10	31,14%
68	70	-14,34	50	28,68%
69	71	-20,00	50	40,00%
71	70	21,34	50	42,68%
71	72	-77,34	100	77,34%
72	101	-108,27	150	72,18%
72	96	-42,45	100	42,45%
74	76	12,00	50	24,00%
74	75	-12,00	50	24,00%
75	107	-81,53	100	81,53%
80	82	18,19	50	36,38%
80	84	-129,60	150	86,40%
80	88	54,42	100	54,42%
81	82	-58,92	100	58,92%
81	90	41,38	50	82,77%
81	85	-12,48	50	24,96%
81	86	30,01	50	60,03%
82	83	-101,64	150	67,76%
82	87	-18,11	50	36,22%
82	94	4,02	10	40,17%
83	84	58,36	100	58,36%
84	100	-117,25	150	78,16%
85	87	-83,66	100	83,66%
85	86	26,18	50	52,37%

86	93	56,20	100	56,20%
87	106	51,82	150	34,55%
87	99	-33,99	50	67,99%
87	100	-151,60	200	75,80%
88	89	8,42	50	16,83%
89	90	-25,58	50	51,17%
90	93	-2,20	10	22,00%
91	93	-44,00	50	88,00%
92	93	-10,00	50	20,00%
94	98	-43,98	100	43,98%
95	96	-35,00	50	70,00%
96	98	-77,45	150	51,63%
97	98	-44,19	50	88,39%
97	100	-98,55	100	98,55%
98	99	13,36	100	13,36%
98	100	-91,98	100	91,98%
99	100	-57,62	100	57,62%
99	102	-17,82	50	35,64%
99	101	-50,19	100	50,19%
101	102	51,82	100	51,82%
101	105	74,18	100	74,18%
101	107	25,53	50	51,07%
103	105	-56,18	100	56,18%
103	106	12,18	100	12,18%
103	110	-15,86	100	15,86%
103	114	-6,14	50	12,29%
104	105	-18,00	50	36,00%

107	109	-121,00	150	80,67%
108	109	-22,00	50	44,00%
110	112	-28,86	50	57,71%
111	112	83,00	100	83,00%
111	113	23,00	50	46,00%
112	114	30,14	50	60,29%

Tableau V. 2 : Les lignes du réseau ALG114

N° of line	from bus	to bus	R(pu)	X(pu)	1/2 B (pu)	line code	line limits
1	1	2	0,0085	0,0403	0,00425	0	5
2	1	6	0,0122	0,0578	0,0061	0	5
3	2	6	0,014	0,0498	0,007	0	10
4	2	9	0,0042	0,028401	0,0021	0	50
5	3	4	0,0033	0,0158	0,00165	0	200
6	3	5	0,0028	0,018901	0,0014	0	100
7	3	6	0,0288	0,1012	0,0144	0	100
8	3	9	0,0088	0,06	0,0044	0	100
9	3	16	0,004099	0,014401	0,00205	0	100
10	4	42	0,011616	0,01181	0,1225	0	100
11	4	7	0,014401	0,0678	0,0072	0	150
12	4	5	0,0018	0,012599	0,0009	0	150
13	4	8	0,018401	0,087	0,0092	0	50
14	6	7	0,0157	0,074	0,00785	0	50
15	7	10	0,015	0,070901	0,0075	0	50
16	8	42	0,017099	0,062901	0,00855	0	50

17	10	11	0,0228	0,107599	0,0114	0	100
18	10	13	0,046401	0,219	0,0232	0	50
19	11	42	0,017	0,080599	0,0085	0	50
20	12	13	0,050099	0,2365	0,02505	0	50
21	14	16	0,0013	0,0045	0,00065	0	150
22	15	16	0,0038	0,0135	0,0019	0	200
23	17	21	0,003438	0,012995	0,0189	0	300
24	17	72	0,0197	0,0732	0,00985	0	50
25	17	27	0,004599	0,0237	0,0023	0	100
26	17	31	0,006099	0,031099	0,00305	0	200
27	17	64	0,0198	0,0727	0,0099	0	10
28	17	18	0,001401	0,051599	0,0007	1,03	200
29	18	22	0,029	0,139694	0,0145	0	50
30	18	37	0,025611	0,123306	0,012806	0	50
31	18	73	0,057939	0,161802	0,00135	0	50
32	18	20	0,134806	0,294389	0,067403	0	10
33	18	33	0,0205	0,0685	0,01025	0	50
34	18	62	0,050806	0,194111	0,025403	0	50
35	19	26	0,002903	0,003847	0,001699	0	150
36	19	34	0,001889	0,012611	0,000944	0	50
37	19	78	0,004194	0,0055	0,002097	0	50
38	19	79	0,0105	0,013889	0,00525	0	50
39	20	24	0,018602	0,06877	0,000601	0	50
40	20	29	0,031889	0,117806	0,015944	0	50
41	20	35	0,042806	0,152806	0,021403	0	50
42	20	32	0,070806	0,2365	0,035403	0	50

43	20	52	0,043701	0,108222	0,001102	0	50
44	20	21	0,001599	0,0525	0,0008	1,03	150
45	21	44	0,024	0,086099	0,012	0	100
46	21	60	0,005599	0,0263	0,0028	0	100
47	22	32	0,034194	0,114194	0,017097	0	100
48	22	24	0,011944	0,039944	0,000299	0	100
49	22	37	0,017111	0,082194	0,008556	0	100
50	23	30	0,023889	0,079889	0,011944	0	50
51	23	36	0,013611	0,045694	0,006806	0	10
52	24	25	0,016389	0,060806	0,008194	0	10
53	25	26	0,013889	0,051694	0,006944	0	20
54	26	34	0,004889	0,031806	0,002444	0	50
55	26	27	0,002401	0,148401	0,0012	1,03	100
56	26	28	0,002401	0,148401	0,0012	1,03	50
57	26	29	0,005944	0,007903	0,011889	0	100
58	28	31	0,0017	0,0088	0,00085	0	50
59	29	39	0,012611	0,082	0,006306	0	50
60	29	35	0,045806	0,163889	0,022903	0	50
61	30	31	0,0007	0,0495	0,00035	1,03	100
62	30	36	0,027306	0,091306	0,013653	0	100
63	30	52	0,072194	0,178889	0,036097	0	50
64	31	60	0,0037	0,0253	0,00185	0	100
65	32	33	0,023889	0,079889	0,011944	0	50
66	34	38	0,004694	0,030694	0,002347	0	50
67	40	41	0,058611	0,162306	0,029306	0	50
68	40	50	0,134306	0,3645	0,067153	0	50

69	41	42	0,0012	0,0742	0,0006	1,03	100
70	41	49	0,1265	0,4225	0,06325	0	50
71	42	48	0,007401	0,050599	0,0037	0	50
72	42	44	0,010698	0,044195	0,065001	0	100
73	43	46	0,1025	0,3425	0,05125	0	10
74	43	44	0,002901	0,1053	0,00145	1,03	50
75	43	51	0,206694	0,355611	0,103347	0	10
76	43	55	0,170806	0,570806	0,085403	0	10
77	44	48	0,0025	0,0158	0,00125	0	100
78	44	58	0,012099	0,056901	0,00605	0	100
79	44	60	0,0122	0,0578	0,0061	0	100
80	45	46	0,017111	0,0605	0,008556	0	50
81	46	47	0,034194	0,114194	0,017097	0	10
82	47	50	0,119611	0,399611	0,059806	0	50
83	47	48	0,0012	0,0742	0,0006	1,03	50
84	51	57	0,122694	0,409806	0,061347	0	10
85	52	59	0,036	0,101389	0,018	0	50
86	52	53	0,093694	0,178806	0,046847	0	100
87	53	54	0,093694	0,178806	0,046847	0	100
88	54	59	0,118806	0,306306	0,059403	0	10
89	54	55	0,119611	0,399611	0,059806	0	50
90	54	56	0,1025	0,3425	0,05125	0	50
91	56	57	0,059806	0,199806	0,0018	0	50
92	57	77	0,136611	0,456611	0,068306	0	10
93	57	58	0,0012	0,0742	0,0006	1,03	100
94	58	75	0,0148	0,070099	0,0074	0	100

95	58	72	0,0183	0,0863	0,00915	0	100
96	59	61	0,051306	0,181611	0,025653	0	50
97	59	60	0,001401	0,051599	0,0007	1,03	100
98	62	73	0,041	0,137	0,0205	0	50
99	63	66	0,068306	0,228306	0,034153	0	100
100	63	65	0,055694	0,186111	0,027847	0	50
101	63	64	0,001901	0,07	0,00095	1,03	100
102	64	97	0,0178	0,065401	0,0089	0	150
103	66	67	0,112806	0,279389	0,056403	0	50
104	66	73	0,162306	0,575194	0,081153	0	50
105	67	68	0,164806	0,356889	0,082403	0	10
106	67	73	0,334694	0,700694	0,167347	0	10
107	68	70	0,120389	0,218	0,060194	0	50
108	69	71	0,109306	0,365306	0,054653	0	50
109	71	70	0,159889	0,314806	0,079944	0	50
110	71	72	0,0012	0,0742	0,0006	1,03	100
111	72	101	0,0213	0,1007	0,01065	0	150
112	72	96	0,0152	0,054	0,0076	0	100
113	74	76	0,008901	0,334	0,00445	1,03	50
114	74	75	0,000599	0,002599	0,0003	0	50
115	75	107	0,0185	0,087599	0,00925	0	100
116	80	82	0,031901	0,112901	0,01595	0	50
117	80	84	0,005893	0,029064	0,01325	0	150
118	80	88	0,0123	0,314	0,00615	1,03	100
119	81	82	0,0303	0,1075	0,01515	0	100
120	81	90	0,0062	0,1452	0,0031	1,03	50

121	81	85	0,009901	0,0467	0,00495	0	50
122	81	86	0,0055	0,037901	0,00275	0	50
123	82	83	0,019099	0,067599	0,00955	0	150
124	82	87	0,005599	0,026599	0,0028	0	50
125	82	94	0,005599	0,0263	0,0028	0	10
126	83	84	0,005099	0,018	0,00255	0	100
127	84	100	0,0065	0,0442	0,00325	0	150
128	85	87	0,0158	0,0745	0,0079	0	100
129	85	86	0,013901	0,0657	0,00695	0	50
130	86	93	0,0012	0,0742	0,0006	1,03	100
131	87	106	0,0105	0,0495	0,00525	0	150
132	87	99	0,0322	0,124901	0,0161	0	50
133	87	100	0,0102	0,069401	0,0051	0	200
134	88	89	0,135395	0,41	0,067698	0	50
135	89	90	0,077605	0,24	0,038802	0	50
136	90	93	0,185198	0,318864	0,092599	0	10
137	91	93	0,016868	0,059655	0,002398	0	50
138	92	93	0,162395	0,408753	0,081198	0	50
139	94	98	0,0357	0,1275	0,01785	0	100
140	95	96	0,0015	0,007	0,00075	0	50
141	96	98	0,0203	0,072	0,01015	0	150
142	97	98	0,012099	0,0448	0,00605	0	50
143	97	100	0,011099	0,075901	0,00555	0	100
144	98	99	0,0163	0,058	0,00815	0	100
145	98	100	0,0102	0,0598	0,0051	0	100
146	99	100	0,023099	0,108901	0,01155	0	100

147	99	102	0,011599	0,0547	0,0058	0	50
148	99	101	0,011099	0,075901	0,00555	0	100
149	101	102	0,011599	0,0547	0,0058	0	100
150	101	105	0,017099	0,080599	0,00855	0	100
151	101	107	0,033401	0,1577	0,0167	0	50
152	103	105	0,013	0,0613	0,0065	0	100
153	103	106	0,0208	0,0983	0,0104	0	100
154	103	110	0,0185	0,087599	0,00925	0	100
155	103	114	0,041901	0,197901	0,02095	0	50
156	104	105	0,0015	0,007	0,00075	0	50
157	107	109	0,0388	0,1833	0,0194	0	150
158	108	109	0,0148	0,070099	0,0074	0	50
159	110	112	0,0185	0,087599	0,00925	0	50
160	111	112	0,0297	0,1402	0,01485	0	100
161	111	113	0,0167	0,0787	0,00835	0	50
162	112	114	0,019	0,089599	0,0095	0	50

V.3.3.Le choix des zones sismiques sur le réseau électrique ALG 114 :

Tableau V. 3 : le choix des zones sismiques dans le réseau ALG 114.

N° de zone	Les lignes concernées
1	6.9.13.14.19
2	35.41.44
3	130.133.137
4	16.23

5	156.157
---	---------

V.3.4. Les résultats de simulation des cas de panne des lignes :

Tableau V. 4 : Simulation des cas de panne des lignes.

N° de la zone	Surcharge ans les lignes
1	5.
2	32.33.36.56.58.
3	23.27.117.120.124.125.127.132.143.145.
4	26.27.28.32.33.64.78.
5	10.151.158.

V.3.5. Discussions des résultats :

A partir de la simulation qui nous avons fait et les résultats obtenus on trouve que l'utilisation de l'logicielle LAB Power et la méthode de NEWTON-RAPHSON permet de résoudre le problème rapidement à partir des fichiers et des données déjà sauvegarder.

Et ça donne des résultats plus précis et efficaces en seulement quelques secondes de calcul.

On appliquant cette méthode de l'algorithme de NEWTON- RAPHSON sur le réseau ALG 114 nœuds on obtient les solutions de l'écoulement de puissance montrées dans les tableaux ci-dessus.

D'après la parties de simulation on remarque :

- La zone N°1 en panne contient une seule ligne surchargée.
- Quand la zone N°2 contient 4 lignes surchargées.

- Dans la zone N°3 Ilya 4 lignes qu'est surchargées.
- La zone N°4 c'est la zone qui contient plusieurs lignes effectuée par rapport aux autres zones, qui égale à **10** lignes.
- Lorsque la zone N° 4 en panne on trouve l'impact de surcharge sur **7** lignes.
- Et pour la zone N°5 contient **3** lignes surchargées.

D'après cette analyse on remarque clairement que le réseau algérien a des très faibles chances de rester en service en cas de séisme dans les zones déjà cité, dans cette étude c'étés des tests sur un seul réseau, alors que l'étude peuvent êtres approfondit sur 'autre réseau plus complexe ou l'impact est estimé en détails sur plusieurs niveau.

V.4.Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons fait l'étude d'impact des zones sismique sur la survie du réseau électrique ou des cas des pannes des lignes dans le réseau ALG114 nœud on étés évaluer à l'aide le logiciel LABPOWER. Qui permet d'évaluer l'état des tensions et des puissances traversé chaque élément du réseau. Ainsi On a étudié l'écoulement e puissance sur les lignes de transport de l'énergie électrique.

D'après l'analyse faite on constate que les réseaux déjà opéré ne suffit pas pour sauver le réseau électrique du blackout en cas de séisme qui touche toute une zone en même moment donc les plans d'urgence faite pour survivre le réseau électrique en cas de séisme devant être pris en considération ans la conception ou trouver d'autre issus.

Conclusion Générale :

Dans ce travail, on a décrit d'une façon générale le fonctionnement du réseau électrique de transport dans les cas d'impact des zones sismique sur la survie du réseau électrique ou des cas des pannes des lignes dans le réseau ALG114 nœud , d'où la méthodologie suivi durant cette étude consisté à faire une simulation de plusieurs cas de panne et voir l'impact sur le reste du réseau électrique et plus précisément l'écoulement de la puissance active dans les lignes.

D'après nos résultats trouvé on constate que les réseaux déjà opéré ne suffit pas pour sauver le réseau électrique du blackout en cas de séisme qui touche toute une zone en même moment donc les plans d'urgence faite pour survivre le réseau électrique en cas de séisme devant être pris en considération dans la conception ou trouver d'autre issus.

Bibliographie

1. S.SOUAG, "Contribution à l'étude des contingences dans le réseau électrique par le logiciel LABVIEW", Thèse de doctorat -UDL SBA, 2016.
2. B. Gasbaoui, "Optimisation de l'énergie réactive dans un réseau d'énergie électrique", thèse de Magistère, Université de Bechar, 2008.
3. F.Z. Gherbi, "Contribution à l'étude de la répartition économique des puissances actives et réactives dans un réseau d'énergie électrique", Thèse de doctorat d'état-UDL SBA, 2004.
4. S. Nemmich, A. Radja, "application des méthodes d'optimisation pour résoudre le problème de dispatching économique", Projet de fin d'étude, Université de Sidi-Bel-Abbès, Juin 2009.
5. J.E. VanNess, "Iteration Methods for Digital Load Flow Studies", AIEE Transaction on Power Apparatus and systems, Vol. 78A, pp. 583-588, Aout 1959.
6. B. Stott, "Review of Load-Flow Calculation Methods", Proceedings of the IEEE, Vol. 62, No. 2, pp. 916-929, Juillet 1974.
7. L. K. Kirchmayer, G. W. Stagg, "Analysis of Total and Incremental Loss in Transmission systems", IEEE Transaction, Vol.70, Part I, pp. 1279-1205, Juillet 1951.
8. G. Strang, "An Introduction to Applied Mathematics", Wellesley-Cambridge Press, Wellesley, Mai 1986.
9. F.Palacios-Gomez, "Nonlinear optimization by successive linear programming", Management Science, Vol. 28, No. 10, p. 1106-1112,USA, Octobre 1982.
10. W. F. Tinney, C. E. Hart, "Power Flow Solution by Newton's Method", IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-86, pp. 1449-1460, Novembre 1967.
11. J. D.Weber, "Implementation of a Newton-based optimal power flow into a power system Simulation environment", Master thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1997.
12. M. E. El-Hawary, G. S. Christensen, "Optimal Economic Operation of Electric Power Systems", Academic, New York, 1979.
13. J.B. Ward, H.W. Hale, "Digital Computer Solution of Power-Flow Problems", AIEE Transactions, Part III Power Apparatus and Systems, Vol. 75, pp.398-404, Juin 1956.
14. H. G. Stoll (ed.), "Least-Cost Electric Utility Planning", Wiley, New York, 1989.
15. M. M. El-Wakil, "Power Plant Technology", McGraw-Hill, New York, 1984.
16. P. Jeannin, J. Carpentier, "Réseau de Puissance-Méthode de Résolution des Equations-", D1120, Septembre 1994.
17. O. Alsac, B. Stott, "Fast Decoupled Load Flow", IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-93, pp. 859-869, Mai/Juin 1974.

18. R. H. Miller, J. H. Malinowski, "Power System Operation", Third Edition, McGraw-Hill, New York, 1994.
19. E. Handschin, A. Petroianu, "Energy Management Systems", Springer-Verlag, Berlin, 1991.
20. M. J. H. Sterling, "Power System Control", Peregrinus, London, 1978.
21. A. J. Wood, B. F. Wollenberg, "Power generation operation and control", John Wiley & Sons, 1984.
22. B.H. Chowdhury and S. Rahman, "A Review of Recent Advances in Economic Dispatch", IEEE Transactions on Power Systems, Vol.5, pp.1248-1259, Novembre 1990.
23. Auclair S., Bertil D. (2009) - Systèmes d'alerte sismique : principes et faisabilité aux Antilles françaises. Rapport final. BRGM/RP-56663-FR, 87 p., 37 fig., 3 tabl., 1 ann.
24. Cahiers techniques Merlin Gerin n CT 85 (1977) : Tenue de l'appareillage électrique aux Secousses sismiques, P. PY, J.-Y. BERTHONNIER (présente des solutions technologiques pour les disjoncteurs HT).
25. Systèmes Photovoltaïques raccordés au réseau électrique destiné aux Doctorants Marocains des filières photovoltaïques

