

11/621.926

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



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

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

Thème :
**ETUDE ET ANALYSE D'UN RESEAU ELECTRIQUE
DE TRANSPORT**

Présenté par : - **BOURBIA Oussama**
- **LARABA Abdelhak**

Sous la direction de : **Dr. Boudfel Amar**

Juin 2016



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

DEDICACE

A L'occasion de la fin de mes études :

je ~~m~~e présente mes

Remerciements fidèles à :

Mon Cher Père qui m'a encouragé de continuer ma formation.

*Ma Chère Mère qui m'a poussé de m'informer dans ce Domaine
d'étude.*

Je ~~les~~ remercie beaucoup mes sœurs Et mes frères

Oussama , Abdelhak

REMERCIEMENT

Nous remercions en premier lieu « Dieu » le tout puissant pour le courage et la force qu'il nous a donné pour élaborer ce projet de fin d'étude.

nous tenons a remercier vivement toutes personnes qui a contribuait de prés ou de lonia l'laboration de ce mémoire

nous remercions nos de famille respective pour leur soutien

aussi nous remercions notre encadreur Dr « Boudfel Amar »

ainsi que tout les enseignant de génie électrique.

en fin nous remercions l'ensemble des étudiants de la promotion 2016.

Oussama , Abdelhak

Sommaire

Sommaire	i
Liste des figures	iii
Liste des tableaux	iv
Introduction	1

Chapitre I : Elément du réseau

Introduction	2
I.1. Traitement des données initiales :	2
I.1.1. Donnée initiale	2
I.1.2. Distances entre les différents nœuds	3
I.2. Lieu d'implantation de la source	3
I.3. Choix de la tension nominale de transport	3
I.4. Choix du schéma de réseaux	4
I.4.1. Différentes variantes	5
I.5. Calculs des variantes	6
I.5.1. Calcul de la première variante	6
I.5.2. Calcul de la deuxième variante	7
I.5.3. Calcul de la troisième variante	10
I.6. Choix de la section des conducteurs	12
I.7. Vérification des sections d'après l'échauffement admissible :	15
I.9. Choix des transformateurs	22
I.9.1. Paramètre du transformateur	23

Chapitre II : Etude du réseau choisi

Introduction	28
II.1. Paramètre des lignes et des transformateurs	28
II.1.1. Détermination des pertes dans les transformateurs	28

Sommaire

II.1.2. Déterminations de la puissance capacitive des lignes écoulées dans les nœuds	30
1.2.3.4	
II.1.3. Calculs des puissances de ligne	31
II.1.4. Calcul des tensions de nœuds	33
Chapitre III : Analyse de la stabilité dynamique	
III.1. Caractéristiques de puissance pour le cas de débranchement d'une ligne	40
III.2. Caractéristiques de puissance pour le cas d'un court-circuit	43
III.2.1. Types des courts-circuits	43
III.2.2. Caractéristiques de puissances	43
III.3. Lois des surfaces (des aires)	44
III.4. Méthodes des intervalles successifs	45
III.5. Application sur un réseau de transport	48
III.6. Conclusion	54
Conclusion	56
Références bibliographique	57

Liste des figures

Chapitre III : Analyse de la stabilité dynamique

Figure III.1 : Exemple d'un réseau de transport	40
Figure III.2 : Caractéristiques de puissances dans le cas de débranchement d'une ligne (régime stable).	41
Figure III.3 : Perte de la stabilité dynamique à la suite de débranchement de l'une des deux lignes	42
Figure III.4 : Caractéristiques de puissances dans le cas d'un court-circuit	43
Figure III.5 : Loi des aires	44
Figure III.6 : Méthode des intervalles successives	47
Figure III.7 : Détermination du temps de débranchement	48
Figure III.8 : Système électrique à calculer	48
Figure III.9 : Réseau de transport à calculer	48
Figure III.10 : Schéma équivalent du réseau	49
Figure III.11: Caractéristiques de puissances (cas du court-circuit au début de la ligne)	50
Figure III.12 : Caractéristiques de puissances (cas du court-circuit au milieu de la ligne)	52
Figure III.13 : Détermination du temps de débranchement à partir de la courbe de variation de l'angle δ	52
Figure III.14 : Variation de l'angle δ pour $t_{deb} = 0.4s$	53
Figure III.15 : Variation de l'angle δ pour $t_{deb} = 0.44s$	53
Figure III.16 : Variation de l'angle δ pour $t_{deb} = 0.45s$	53
Figure III.17 : Variation de l'angle δ pour $t_{deb} = 0.46s$	54
Figure III.18 : Variation de l'angle δ pour $t_{deb} = 0.50 s$	54

Liste des tableaux

Chapitre I : Elément du réseau

Tableau I.1 : Plan des charges	3
Tableau I.2 : Distances entre les différents nœuds	3

INTRODUCTION

Introduction

Le réseau électrique est une infrastructure vitale et stratégique pour nos sociétés modernes. Aujourd'hui, la perte du réseau est une véritable catastrophe quand cela arrive, tant nous dépendons de l'énergie électrique. Pourtant, c'est un système très énergétique qui doit constamment préserver un équilibre fragile entre la production et la consommation, du fait que l'électricité ne se stocke pas en grande quantité. Or, le réseau est un système complexe de grande dimension et multicouches qui est sujet en permanence à des perturbations diverses, ce qui rend son comportement chaotique et difficile à maîtriser. [1]

L'industrialisation et la croissance de la population sont les premiers facteurs pour lesquels la consommation de l'énergie électrique augmente régulièrement. Ainsi, pour avoir un équilibre entre la production et la consommation, il est à première vue nécessaire d'augmenter le nombre de centrales électriques, de lignes, de transformateurs etc., ce qui implique une augmentation du coût et une dégradation du milieu naturel. En conséquence, il est aujourd'hui important d'avoir des réseaux maillés et de travailler proche des limites de stabilité afin de satisfaire ces nouvelles exigences.[2]

Ce travail s'articule autour de l'étude et analyse d'un réseau de transport et se divise en deux parties répartie en trois chapitres.

Dans la première partie (chapitres 1 et 2) on fait élaboration d'un réseau électrique de transport, dans lesquels on va voir, comment à partir des données des charges (puissances et leurs disposition géographique choisir un schéma d'alimentation assurant la permanence de la fourniture de l'énergie électrique. Le schéma choisi doit être le meilleure du point de vue technico-économique.

Dans le troisième chapitre nous étudierons la stabilité dynamique et les paramètres qui la caractérisent, suivi par une application sur un réseau de transport.

Enfin nous terminons notre travail par une conclusion générale.

CHAPITRE I :
ELEMENT DU RESEAU

Introduction

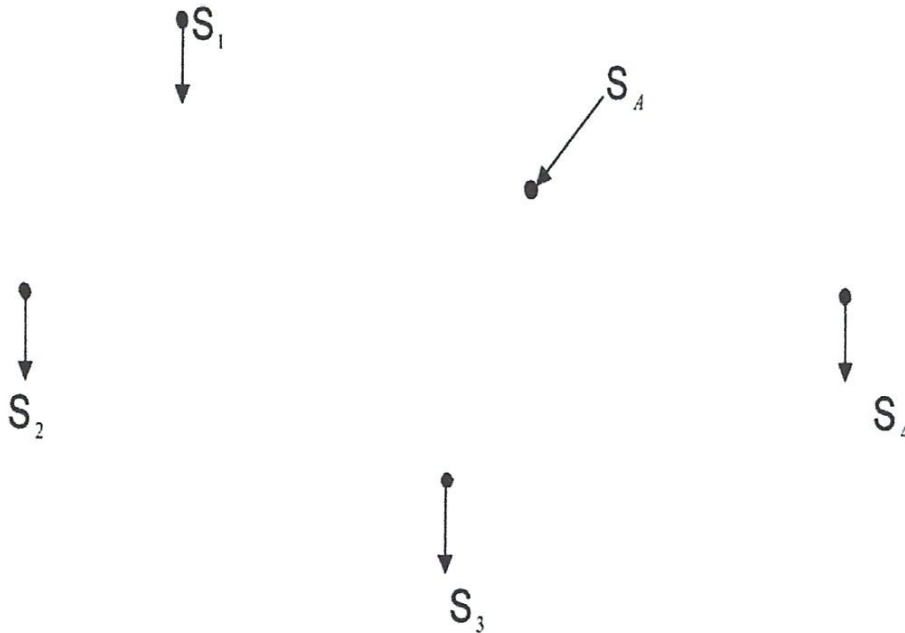
La première partie de notre travail est « l'élaboration d'un réseau électrique », pour cela à partir des données qu'on a supposé : les puissances des charges ainsi que leurs dispositions géographiques c.-à-d. les distances entre les charges et la source. Alors notre travail c'est comment à partir de ces données faire un schéma (réseau) d'alimentation à ces charges .

Pour cela on a proposée trois variantes techniquement fiables et on a commencé les calculs, pour chaque variante on a calculé la tension nominal du réseau ensuite les sections des conducteurs ensuite les pertes des puissances active et réactive.

I.1. Traitement des données initiales :

I.1.1. Donnée initiale :

Plan des charges :



S (MVA)	P _i	Q _i	X _i (km)	Y _i (km)
S1	100	75	100	250
S2	80	60	50	200
S3	70	50	150	150
S4	120	90	250	175

Tableau I.1 : Plan des charges.

I.1.2. Distances entre les différent nœuds :

	L A-1	L 1-2	L 2-3	L 3-4	L A-4	L A-3	L 1-4
L (cm)	2.5	2	2	3	2.5	4	3
L (km)	70	60	60	90	70	120	90

Tableau I.2 : Distances entre les différent nœuds.

I.2. Lieu d'implantation de la source :

Pour définir le lieu d'implantation de la source, on utilise la notion des moments électriques. Celle dernier a permet de déterminer le centre des charges électrique. Pour obtenir une meilleure configuration du réseaux, c à d atténuer par construction les différentes pertes, la source doit être installée dans le centre des charges électriques, ce dernier peut être définir par les expressions suivantes:

$$Y_s = \frac{\sum P_i Y_i}{\sum P_i} = \frac{P_1 Y_1 + P_2 Y_2 + P_3 Y_3 + P_4 Y_4}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4}$$

$$X_s = \frac{\sum P_i X_i}{\sum P_i} = \frac{P_1 X_1 + P_2 X_2 + P_3 X_3 + P_4 X_4}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4}$$

I.3. Choix de la tension nominale de transport :

Le niveau de tension a utilisé dépend de la puissance a transmettre et de la longueur de Transmission. Pour une longueur et une puissance donnés, la tension ne doit pas être Inférieure à une valeur donnée.

Le choix de la tension nominale est effectué à partir d'une analyse techno-économique.

En pratique le choix de la tension peut s'effectuer par les expressions suivantes ; dans les Quelles on tient compte de ce dernier critères :

$$U = 4,34 \cdot \sqrt{L \cdot (km) + 0.016 \cdot p \cdot (kW)}$$

Pour $L \leq 250$ km

$P \leq 60$ kW

$$U = \sqrt{P \cdot (kW) \cdot (0.1 + 0.15 \sqrt{L \cdot (km)})}$$

Pour $L \leq 1000$ km

$P \geq 60$ kW

Pour : $P_2 = 120$ MW , $LA_2 = 76$ km

$$U = 4.34 \sqrt{45 + 0.016 \cdot (115000)} = 188.42 \text{ kV}$$

On prend une tension normalisée pour toute la boucle $U_n = 220$ kV

I.4. Choix du schéma de réseaux :

Après avoir soigneusement examiné les données initiales on doit choisir la configuration du réseau de transport, ce choix est basé sur deux critères essentiels :

- Dépenses réduites minimales (critère techno-économique)
- Continuité de service des récepteurs en cas d'incidents au niveau du réseau (ex. : coupure de ligne, court-circuit).

Pour la détermination de la configuration on procède par la méthode des variantes.

Cette dernière consiste à se donner quelques modèles de configuration, équivalents du Point de vue continuité de service, pour les quelles on doit appliquer le critère de Dépense réduites pour choisir le plus convenable.

Dans les modèles proposés on doit tenir compte des paramètres suivants :

- Longueur totale des lignes de transport
- Puissance transmise, et plant d'implantation
- Caractères des consommateurs.

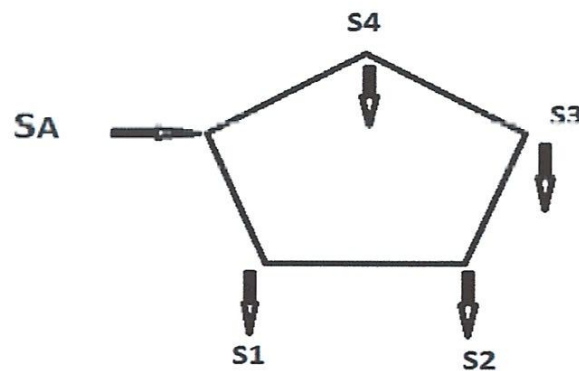
On composant le modèle du réseau, on se guide en plus par les observations

Suivantes :

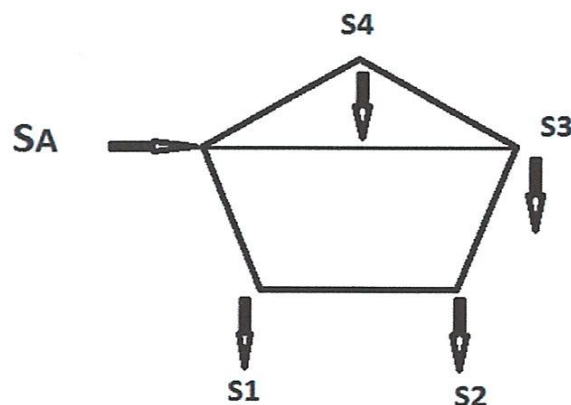
- La transmission de l'énergie électrique de la source jusqu'au point de sa consommation doit s'effectuer par la plus courte voie
- On évite les longues lignes qui sont faiblement chargés
- Entre deux points du réseau on ne projette pas plus de deux lignes
- Les variantes composées doivent être comparable techniquement et elles doivent assurer la transmission et la qualité nécessaire de l'énergie dans les régimes normaux.

I.4.1. Différentes variantes :

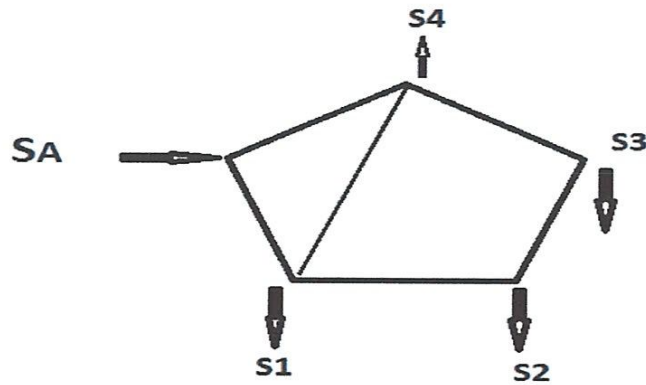
Variante 1 :



Variante 2 :



Variante3 :

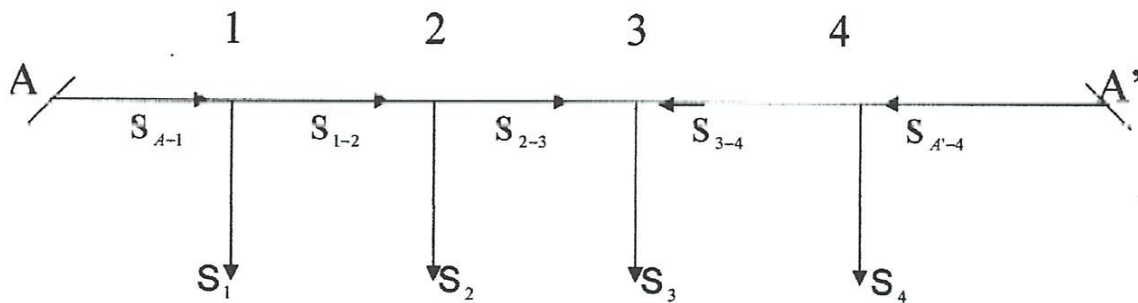


I.5. Calcule les variantes :

I.5.1. Calcul de la première variante :

On suppose que la tension est partout égale à la tension nominale et que les paramètres (r_0, x_0, b_0) sont les mêmes pour toute la boucle (pour une 1^{ère} étape)

On présente le schéma sous forme d'un réseau alimenté de deux côtés :



Calcul des puissances de ligne :

$$S_{A-1} = \frac{S_1 L_{1-A'} + S_2 L_{2-A'} + S_3 L_{3-A'} + S_4 L_{4-A'}}{L_{AA'}}$$

$S_{A-1} = 18$

$6.28 + j138.5 \text{ MVA}$

$S_{A-4} = 183.71 + j136.42 \text{ MVA}$

Par la loi des nœuds on détermine toutes les autres puissances

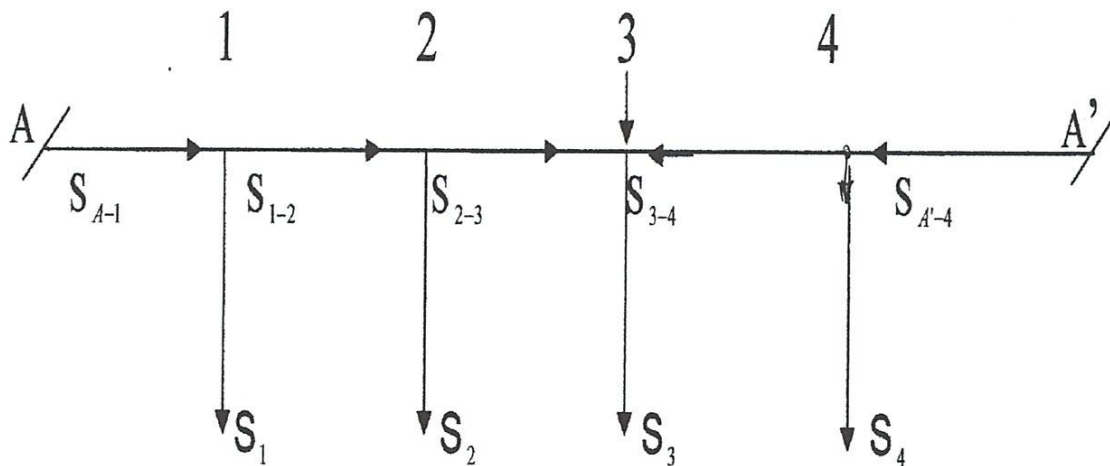
$$S_{1-2} = S_{A-1} - S_1 = (86,28 + j63,57) \text{ MVA}$$

$$S_{2-3} = S_{1-2} - S_2 = (6,28 + j3,57) \text{ MVA}$$

$$S_{3-4} = S_3 - S_{2-3} = (63,72 + j46,43) \text{ MVA}$$

D'après les calculs, on remarque que le nœud 3 est un nœud de section des puissances.

On obtient donc les distributions suivantes des puissances :



I.5.2. Calcul de la deuxième variante :

Pour le calcul des puissance de ligne dans ce cas, on utilise la méthode des puissances de contours. Pour ce la on prend en compte les définitions suivantes.

Définition 1:

Un nœud est défini comme le point de connexion d'ou moins trois branches, charge nom comprise.

Définition 2 :

La ligne est la branche ou l'ensemble des branches reliant deux nœuds ou bien reliant un nœud à la source.

Définition 3

Un contour est dit indépendant, si au moins une de ces branches ne rentre pas dans la composition d'un autre contour.

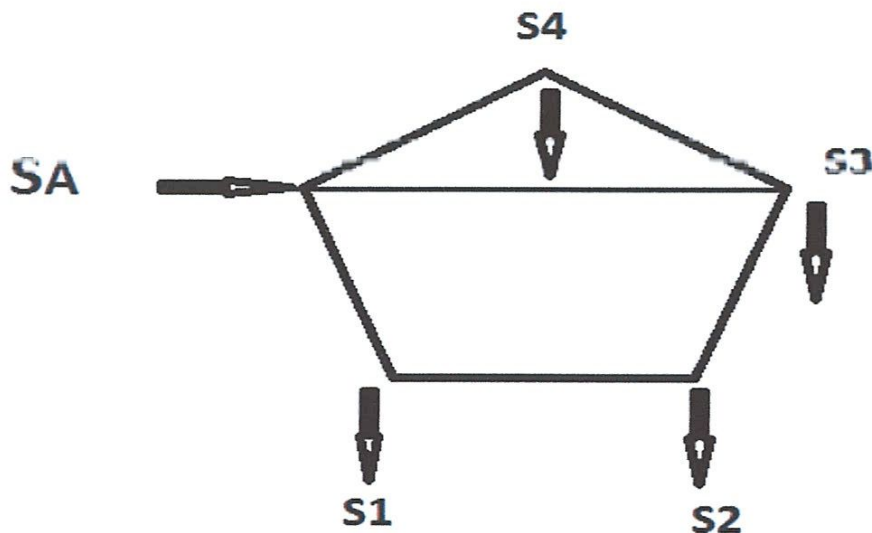
Ces définitions donnent donc, pour notre cas le nombre de contours indépendants :

$$N_c = N_l - N_n = 2$$

Ou :

$$N_l: \text{nombre de lignes } (L_{A-123}, L_{A-3}, L_{A-43}) = 3$$

$$N_n: \text{nombre de nœuds (nœuds 3)} = 1$$



On se donne pour chaque contour une puissance inconnue (S_X, S_Y), en suite on détermine toutes les puissances de ligne en fonction de (S_X, S_Y).

Ainsi :

$$S_{A-1} = S_1 + S_X$$

$$S_{3-2} = S_2 - S_X$$

$$S_{4-3} = S_Y - S_4$$

$$S_{A-3} = S_3 + S_{3-2} - S_{4-3} = S_3 + S_2 - S_X - S_Y + S_4$$

Pour chaque contour on peut établir une équation :

Contour I:

$$S_{A-1} \cdot L_{A-1} + S_X \cdot L_{1-2} - S_{3-2} \cdot L_{3-2} - S_{A-3} \cdot L_{A-3} = 0$$

Donc :

$$(S_1 + S_X) \cdot L_{A-1} + S_X \cdot L_{1-2} - (S_2 - S_X) \cdot L_{3-2} - (S_3 + S_2 - S_X - S_Y + S_4) \cdot L_{A-3} = 0$$

$$310 \cdot S_X + 120 \cdot S_Y = 30200 + j22350$$

- contour 2:

$$S_Y \cdot L_{A-4} + S_{4-3} \cdot L_{4-3} - S_{A-3} \cdot L_{A-3} = 0$$

Donc :

$$S_Y \cdot L_{A-4} + (S_Y - S_4) \cdot L_{4-3} - (S_3 + S_2 - S_X - S_Y + S_4) \cdot L_{A-3} = 0$$

On a :

$$120 S_X + 280 S_Y = 432000 + j32100$$

On obtient, ainsi un système de deux équations à deux inconnues (S_X, S_Y) la résolution donne :

$$S_X = 46,32 + j34,07 \text{ MVA}$$

$$S_y = 134,43 + j100,03 \text{ MVA}$$

Les valeurs inconnues (S_x, S_y) permet de calculer les autres puissance de ligne

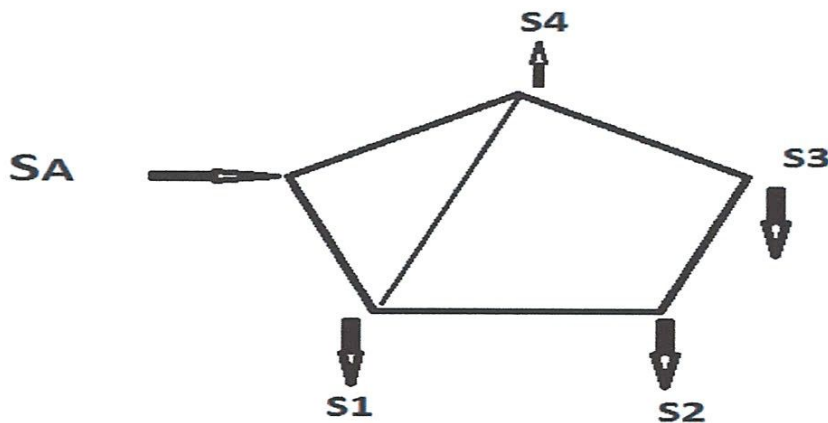
$$S_{A-1} = S_1 + S_x = 100 + j75 + 46,32 + j34,07 = 146,32 + j109,07 \text{ MVA}$$

$$S_{3-2} = S_2 - S_x = 80 + j60 - 46,32 - j34,07 = 33,68 + j25,93 \text{ MVA}$$

$$S_{4-3} = S_y - S_4 = 134,43 + j100,03 - 120 - j90 = 14,43 + j10,03 \text{ MVA}$$

$$S_{A-3} = S_3 + S_{3-2} + S_{4-3} = 89,25 + j65,9 \text{ MVA}$$

I.5.3. Calcul de la troisième variante :



$$\text{Soit } S_x = S_{A-4} \text{ et } S_y = S_{1-2}$$

$$S_{A-1} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 - S_x$$

$$S_{3-2} = S_y - S_2$$

$$S_{4-3} = S_3 - S_{3-2} = S_3 - S_y + S_2$$

$$S_{1-4} = S_x + S_y - S_2 - S_3 - S_4$$

Contour 1 :

$$S_x \cdot L_{A-4} + S_{1-4} \cdot L_{1-4} - S_{A-1} \cdot L_{A-1} = 0$$

On aura :

$$S_x.LA-4+(S_x+S_y-S_2-S_3-S_4).L1-4-(S_1+S_2+S_3+S_4-S_x).LA-1 = 0$$

$$230.S_x+90.S_y = 50200+j36650$$

Contour 2 :

$$S_y.L1-2+S_3-2.L3-2-S_4-3.L4-3+S_1-4.L1-4 = 0$$

$$S_y.L1-2+(S_y-S_2).L3-2-(S_2+S_3+S_y).L4-3+(S_x-S_4-S_2-S_3+S_y)L1-4$$

On a:

$$90.S_x+300.S_x=42600+j31500$$

On trouve deux équations avec deux inconnus

$$230S_x+90S_y=50200+36650$$

$$90S_x+300S_x=42600+j31500$$

La relation donne :

$$S_x=184,46+j134,07 \text{ MVA}$$

$$S_y=86,66+j64,77 \text{ MVA}$$

- Les puissances de lignes :

$$SA-1=S_1+S_2+S_3+S_4-S_x=185,54+j140,93 \text{ MVA}$$

$$S3-2=S_y-S_2=6,66+j4,77 \text{ MVA}$$

$$S4-3=S_2+S_3-S_y=63,34+j45,23 \text{ MVA}$$

$$S1-4=S_x+S_y-S_2-S_3-S_4=1,02-j1,16 \text{ MVA}$$

I.6. Choix de la section des conducteurs :

Le choix des conducteurs peut se faire d'après la densité économique du courant selon la formule suivante :

$$F = I_{\max} / J_{\text{eco}}$$

I_{\max} : courant de ligne correspondant au régime maximale de charge définie par :

$$I_{\max} = \frac{S}{\sqrt{3} U_n}$$

J_{eco} : densité économique (A/mm^2)

F : section (mm^2)

La valeur de la densité économique doit être déterminée, en principe conformément au minimum des dépenses réduites, du réseau, ce dernier dépend de plusieurs facteurs :

- Le temps d'utilisation de la charge maximale T_{\max}
- Le temps de perte minimale
- Types de réseau électrique, pour un réseau de transport amont le graphique de charge est plus rempli que celui d'un réseau de distribution.
- Ces considérations permettent de choisir :

$$J_{\text{eco}} = 1 \text{ A}/\text{mm}^2$$

-Calculs section et des courants de ligne :

VARIANTE 1 :

lignes	S(MVA)	I (A)	F (mm ²)	Type
A-1	186.28+j38.57	609.98	609.98	Aco-600
1-2	86.28+j63.57	281.55	281.55	Aco-300
3-2	6.28+j3.57	18.97	18.97	Aco-240
3-4	63.72+j46.43	207.14	207.14	Aco-240
A-4	183.71+j136.42	601.20	601.20	Aco-600

VARIANTES 2 :

lignes	S(MVA)	I (A)	F (mm ²)	Type
A-1	146.32+j109.07	479.47	479.47	Aco-500
1-2	46.32+j34.07	151.07	151.07	Aco-240
3-2	33.68+j25.93	111.66	111.66	Aco-240
4-3	14.43+j10.03	46.16	46.16	Aco-240
A-3	89.25+j65.9	291.48	291.48	Aco-300
A-4	134.43+j100.03	440.25	440.25	Aco-400

VARIANTE 3:

lignes	S(MVA)	I (A)	F (mm ²)	Type
A-1	185.54+j140.93	612.16	612.16	Aco-600
A-4	184.46+j134.07	599.13	599.13	Aco-600
1-2	86.66+j64.77	284.26	284.26	Aco-300
3-2	6.66+j4.77	21.51	21.51	Aco-240
4-3	63.34+j45.23	204.49	204.49	Aco-240
1-4	1.12-j1.6	4.23	4.23	Aco-240

-Paramètre de ligne :

VARIANTE 1 :

ligne	L(KM)	F (mm)	R0(Ω/km)	X0(Ω/km)	b 0 10 ⁻⁶	R (Ω)	X (Ω)	b 0 10 ⁻⁴
A-1	70	600	0.013	0.403	2.84	0.91	28.21	1.98
1-2	60	300	0.108	0.422	2.71	6.48	25.32	1.62
2-3	60	240	0.13	0.43	2.66	7.8	25.8	1.59
3-4	90	240	0.13	0.43	2.66	11.7	38.7	2.39
A-4	70	600	0.013	0.403	2.84	0.91	28.21	1.98

VARIANTE 2 :

ligne	L(KM)	F (mm)	R0(Ω/km)	X0(Ω/km)	b 0 10 ⁻⁶	R (Ω)	X (Ω)	b 0 10 ⁻⁴
A-1	70	500	0,065	0,41	2,79	4,55	28,7	1,95
1-2	60	240	0,13	0,43	2,66	7,8	25,8	1,59
3-2	60	240	0,13	0,43	2,66	7,8	25,8	1,59
4-3	90	240	0,13	0,43	2,66	11,7	38,7	2,39
A-3	120	300	0,108	0,422	2,71	12,96	50,64	3,25
A-4	70	400	0,084	0,414	2,73	5,88	28,98	1,91

VARIANTE 3 :

ligne	L(KM)	F (mm)	R0(Ω/km)	X0(Ω/km)	b 0 10 ⁻⁶	R (Ω)	X (Ω)	b 0 10 ⁻⁴
A-1	70	600	0,013	0,403	2,84	0,91	28,21	1,98
1-2	60	300	0,708	0,422	2,71	6,48	25,32	1,62
3-2	60	240	0,13	0,43	2,66	7,8	25,8	1,59
4-3	90	240	0,13	0,43	2,66	11,7	38,7	2,39
A-4	70	600	0,013	0,403	2,84	0,91	28,21	1,98
1-4	90	240	0,13	0,43	2,66	11,7	38,7	2,59

-CALCULS DE PERTES DE PUISSANCE :

$$\Delta P = \frac{s^2}{u^2} \cdot (R) \quad \text{ET} \quad \Delta Q = \frac{s^2}{u^2} \cdot (X)$$

VARIANTE 1 :

LIGNE	L(KM)	R (Ω)	X(MW)	ΔP	ΔQ	ΔS
A-1	70	0,91	28,21	1,01	31,31	1,07+j31 ;31
1-2	60	6,48	25,32	1,49	5,82	1,49+j5,82
3-2	60	7,8	25,8	0,007	0,0258	0,007+j0,025
3-4	90	11,7	38,7	1,40	4,64	1,4+j4,64
A-4	70	0,91	28,21	0,98	30,46	0,98+j30,46

VARIANTE 2 :

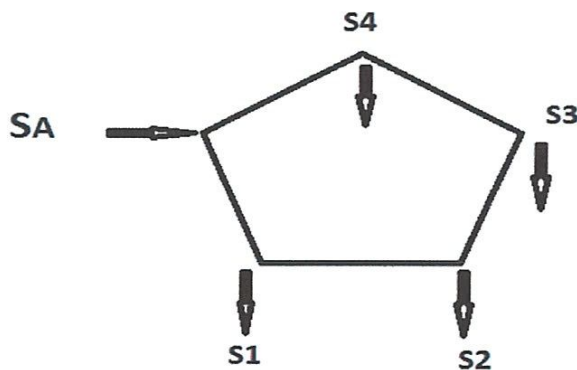
LIGNE	L(KM)	R (Ω)	X(MW)	ΔP	ΔQ	ΔS
A-1	70	4,55	28,7	3,09	19,51	3,09+j19,52 *1
1-2	60	7,8	25,8	0,53	1,75	0,35+j1,75
3-2	60	7,8	25,8	0,28	0,95	0,28+j0,95
3-4	90	11,7	38,7	0,07	0,23	0,007+j0,23
A-3	120	12,96	50,64	3,24	12,66	3,24+j12,66
A-4	70	5,88	28,98	3,41	16,80	3,41+j16,8

VARIANTE 3 :

LIGNE	L(KM)	R (Ω)	X(MW)	ΔP	ΔQ	ΔS
A-1	70	0,91	28,21	1,01	31,59	1,07+j31,59
1-2	60	6,48	25,32	1,55	6,007	1,55+j6,07
3-2	60	7,8	25,8	0,007	0,025	0,007+j0,025
4-3	90	11,7	38,7	1,4	4,64	1,4+j4,64
A-4	70	0,91	28,21	1,03	30,18	1,03+j30,18
1-4	90	11,7	38,7	0,0005	0,001	0,005+j0,002

I.7. Vérification des sections d'après l'échauffement admissible :

Variante 1 :



On prend $J_{ex}=1 \text{ A/mm}^2$

$$F_{A1} = \frac{I_{max A1}}{J_{éc}} = \frac{609,98}{1} = 609,98 \text{ mm}^2 \text{ on prend } I_{adm} = 1050 \text{ A}$$

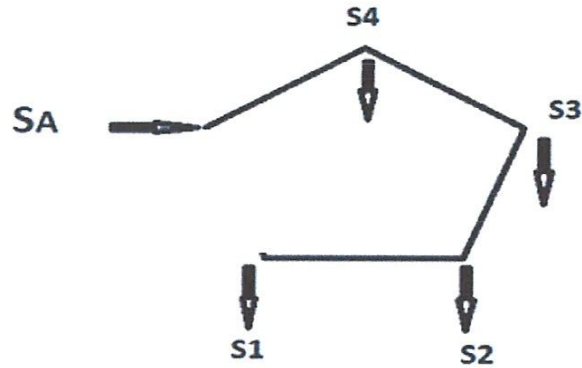
$$F_{12} = \frac{I_{max 12}}{J_{éc}} = \frac{281,55}{1} = 281,55 \text{ mm}^2 \text{ on prend } I_{adm} = 690 \text{ A}$$

$$F_{23} = \frac{I_{max 23}}{J_{éc}} = \frac{18,97}{1} = 18,97 \text{ mm}^2 \text{ on prend } I_{adm} = 605 \text{ A}$$

$$F_{34} = \frac{I_{max 34}}{J_{éc}} = \frac{207,14}{1} = 207,14 \text{ mm}^2 \text{ on prend } I_{adm} = 605 \text{ A}$$

$$F_{4A} = \frac{I_{max A4}}{J_{éc}} = \frac{601,2}{1} = 601,2 \text{ mm}^2 \text{ on prend } I_{adm} = 1050 \text{ A}$$

- On suppose que la coupure a u lieu dans la ligne la plus chargée et on aura :
Pour la première variante la ligne la plus chargé est la ligne (LA1) alors le réseau prend le schéma suivant :



$$S_{21} = S_1 = 100 + j75 \text{ MVA}$$

$$S_{32} = S_1 + S_2 = 100 + j75 + 80 + j60 = 180 + j135 \text{ MVA}$$

$$S_{43} = S_3 + S_{32} = 70 + j50 + 180 + j135 = 250 + j185$$

$$S_{A4} = S_{43} + S_4 = 250 + j185 + 120 + j90 = 370 + j275 \text{ MVA}$$

$$S_{A4} = 185 + j137.5 \text{ MVA}$$

Donc les courants dans le régime après avaries sont :

$$I_{av21} = \frac{S_{21}}{Un\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{(100)^2 + (75)^2}}{220\sqrt{3}} = 328.42 \text{ A}$$

$$\text{Et } I_{adm. K_t} = 690 > I_{av21} = 328.42 \text{ A}$$

$$I_{av32} = \frac{S_{32}}{Un\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{(180)^2 + (135)^2}}{220\sqrt{3}} = 591.17 \text{ A}$$

$$\text{Et } I_{adm. K_t} = 605 > I_{av32} = 591.17 \text{ A}$$

$$I_{av43} = \frac{S_{43}}{Un\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{(250)^2 + (185)^2}}{220\sqrt{3}} = 817.13 \text{ A}$$

$$\text{Et } I_{adm. K_t} = 605 < I_{av43} = 817.13 \text{ A}$$

$$I_{avA4} = \frac{S_{A4}}{Un\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{(370)^2 + (275)^2}}{220\sqrt{3}} = 1211.24 \text{ A}$$

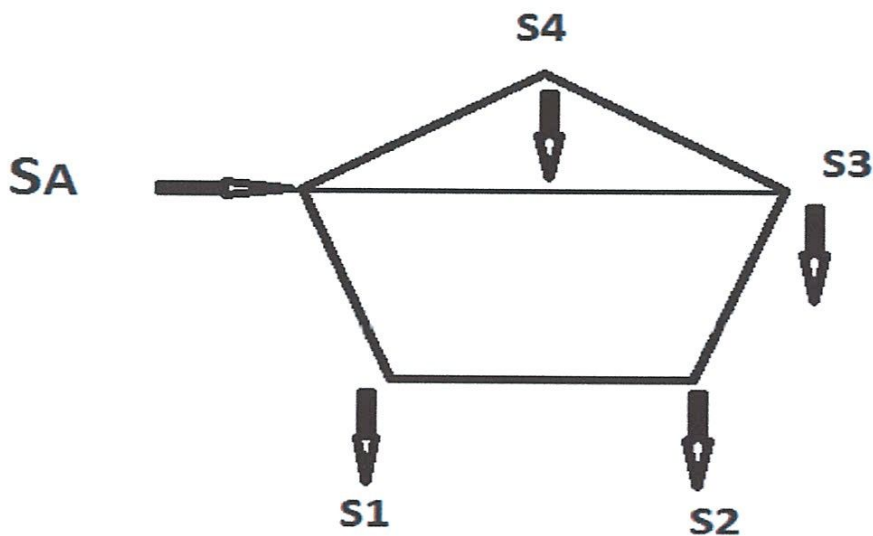
Et $I_{adm} \cdot K_t = 1050 < I_{avA4} = 1211.2 \text{ A}$

Donc la section AC0-240 de la ligne (4-3) ne vérifie pas l'échauffement, pour cela on doit augmenté la section, on prend ACO-400 dont $I_{adm} = 825 \text{ A}$

On a : $I_{adm} \cdot k_t = 825 > I_{av43} = 817.13 \text{ A}$

Donc la section est vérifié ACO-400

- Donc toutes les section normalisée choisit vérifient l'échauffement admissible dans le régime « après avarie »
- La deuxième variante :



On pren : $J_{ex} = 1 \text{ A/mm}^2$

$$FA1 = \frac{479.47}{1} = 479.47 \text{ mm}^2 \text{ on prend } I_{adm} = 1050 \text{ A}$$

$$FA1 = \frac{151.7}{1} = 151.07 \text{ mm}^2 \text{ on prend } I_{adm} = 1050 \text{ A}$$

$$FA1 = \frac{111.66}{1} = 111.66 \text{ mm}^2 \text{ on prend } I_{adm} = 1050 \text{ A}$$

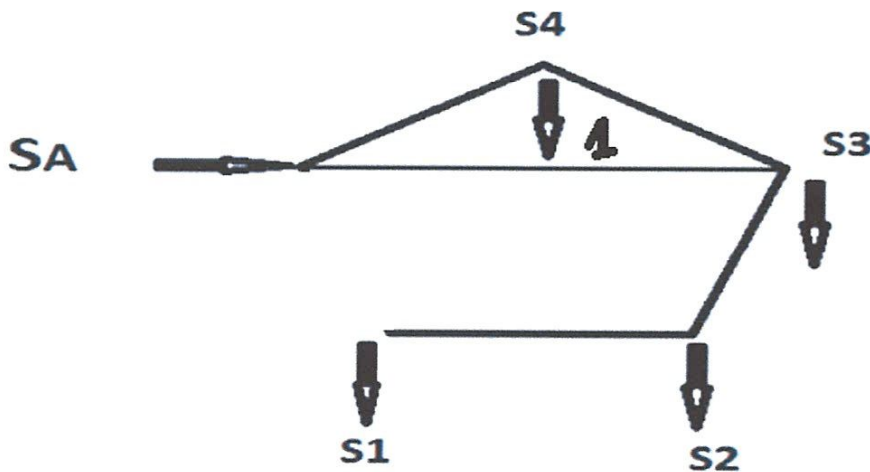
$$FA1 = \frac{46.16}{1} = 46.16 \text{ mm}^2 \text{ on prend } I_{adm} = 1050 \text{ A}$$

$$FA1 = \frac{291.48}{1} = 291.48 \text{ mm}^2 \text{ on prend } I_{adm} = 1050 \text{ A}$$

$$FA1 = \frac{440.25}{1} = 440.25 \text{ mm}^2 \text{ on prend } I_{adm} = 1050 \text{ A}$$

-On suppose que la coupure a u lieu dans la ligne la plus charge et on aura:

La ligne la plus chargée est la ligne (LA-1) :donc notre réseau prend le schéma suivant : avec $S_x = SA-3$



$$S_{12} = S_1 = 100 + j75 \text{ MVA}$$

$$S_{32} = S_2 + S_{21} = S_1 + S_2 = 180 + j135 \text{ MVA}$$

$$S_x = S_3 + S_{32} - S_{43}$$

$$S_{43} = S_3 + S_{32} - S_x = S_3 + S_2 + S_1 - S_x$$

$$S_{A4} = S_{43} + S_4 = S_4 + S_3 + S_2 + S_1 - S_x$$

Contour 1 :

$$S_x \cdot LA3 - S_{43} \cdot L_{43} - S_{A4} \cdot LA4 = 0$$

$$280 S_x = 48400 + j35900$$

$$S_x = 172.85 + j128.21 \text{ MVA} = S_{A3}$$

Donc :

$$S_{43} = S_3 + S_2 + S_1 - S_x = 77.14 + 56.79 \text{ MVA}$$

$$S_{A4} = S_4 + S_3 + S_2 + S_1 - S_x = 197.15 + j146.79 \text{ MVA}$$

Donc les courants dans le régime après avarie sont :

$$I_{avA3} = \frac{S_{A3}}{Un\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{(172.85)^2 + (128.21)^2}}{220\sqrt{3}} = 565.42 \text{ A}$$

$$\text{Et } I_{adm. K_t} = 690 > I_{avA3} = 565.42 \text{ A}$$

$$I_{avA4} = \frac{S_{A4}}{Un\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{(179.15)^2 + (146.77)^2}}{220\sqrt{3}} = 645.79 \text{ A}$$

$$\text{Et } I_{adm. K_t} = 825 > I_{avA4} = 645.79 \text{ A}$$

$$I_{av43} = \frac{S_{43}}{Un\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{(77.15)^2 + (56.79)^2}}{220\sqrt{3}} = 95.79 \text{ A}$$

$$\text{Et } I_{adm. K_t} = 605 > I_{av43} = 95.79 \text{ A}$$

$$I_{av32} = \frac{S_{32}}{Un\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{(180)^2 + (135)^2}}{220\sqrt{3}} = 591.17 \text{ A}$$

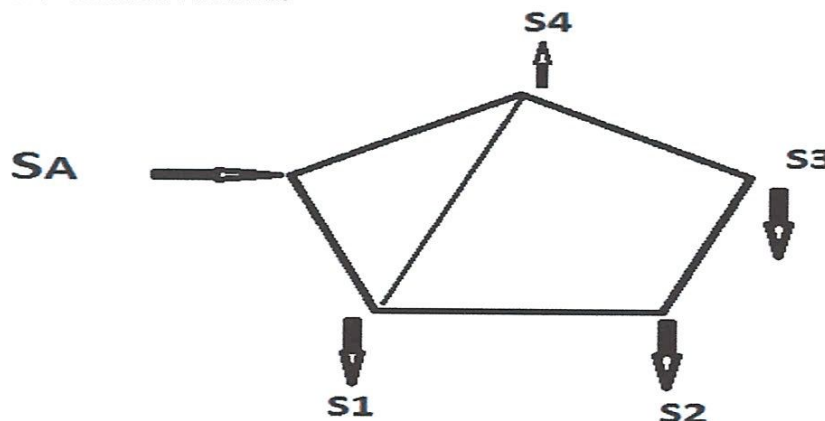
$$\text{Et } I_{adm. K_t} = 605 > I_{av32} = 1211.2 \text{ A}$$

$$I_{av21} = \frac{S_{21}}{Un\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{(100)^2 + (75)^2}}{220\sqrt{3}} = 328.42 \text{ A}$$

$$\text{Et } I_{adm. K_t} = 605 > I_{av21} = 328.42 \text{ A}$$

Donc toutes les sections normalisées vérifient l'échauffement ammissible dans le régime après avarie

- La troisième variante



On prend $J_{ex}=1 \text{ A/mm}^2$

$$F_{A1} = \frac{I_{max A1}}{J_{éc}} = \frac{612.16}{1} = 612.16 \text{ mm}^2 \text{ on prend } I_{adm} = 1050 \text{ A}$$

$$F_{14} = \frac{I_{max A1}}{J_{éc}} = \frac{4.23}{1} = 4.23 \text{ mm}^2 \text{ on prend } I_{adm} = 605 \text{ A}$$

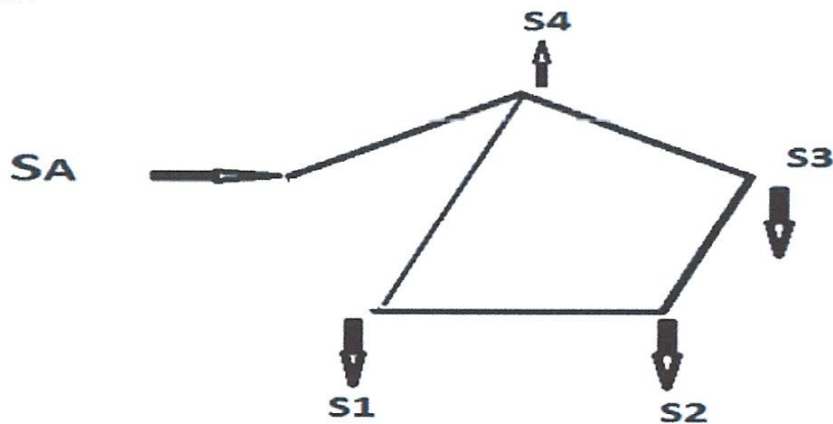
$$F_{12} = \frac{I_{max 12}}{J_{éc}} = \frac{284.26}{1} = 284.26 \text{ mm}^2 \text{ on prend } I_{adm} = 690 \text{ A}$$

$$F_{32} = \frac{I_{max 23}}{J_{éc}} = \frac{21.51}{1} = 21.51 \text{ mm}^2 \text{ on prend } I_{adm} = 605 \text{ A}$$

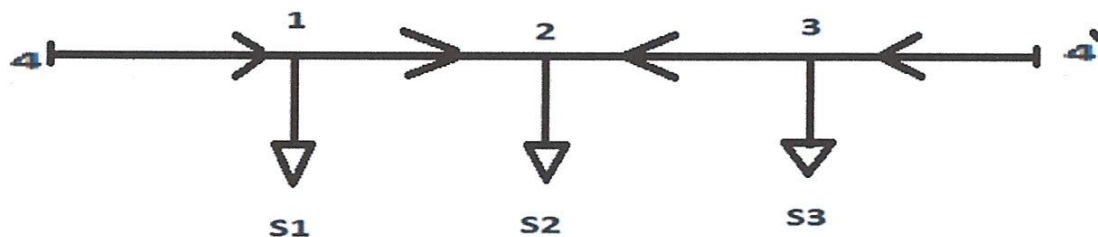
$$F_{43} = \frac{I_{max 34}}{J_{éc}} = \frac{204.40}{1} = 204.40 \text{ mm}^2 \text{ on prend } I_{adm} = 605 \text{ A}$$

$$F_{4A} = \frac{I_{max A4}}{J_{éc}} = \frac{599.13}{1} = 599.13 \text{ mm}^2 \text{ on prend } I_{adm} = 1050 \text{ A}$$

la ligne la plus chargée est la ligne (LA1) alors le réseau prend le schéma suivant :



On présente le schéma sous forme d'un réseau alimenté des deux coté :



$$S_{4.1} = \frac{S_{1.L14}' + S_{2.L24}' + S_{3.L34}'}{L_{44}'}$$

$$S_{4.3} = \frac{(100+j75).200 + (80+j60).150 + (70+j50).90}{300}$$

$$S_{4.1} = 131 + j97.5 \text{ MVA}$$

$$S_{1.2} = S_{4.1} - S_1 = 31 + j22.5 \text{ MVA}$$

$$S_{3.2} = S_2 - S_{1.2} = 49 + j37.5 \text{ MVA}$$

$$S_{4.3} = S_3 + S_{3.2} = 119 + j87.5 \text{ MVA}$$

$$S_{A.4} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 = 370 + j275 \text{ MVA}$$

Donc les courants après l'avarie sont:

$$I_{av12} = \frac{S_{21}}{U_n \sqrt{3}} = \frac{\sqrt{(31)^2 + (24.5)^2}}{220 \sqrt{3}} = 100.63 \text{ A}$$

$$\text{Et } I_{adm. Kt} = 690 > I_{av12} = 100.63 \text{ A}$$

$$I_{av32} = \frac{S_{32}}{U_n \sqrt{3}} = \frac{\sqrt{(49)^2 + (37.5)^2}}{220 \sqrt{3}} = 162.11 \text{ A}$$

$$\text{Et } I_{adm. Kt} = 605 > I_{av32} = 162.11 \text{ A}$$

$$I_{av43} = \frac{S_{43}}{U_n \sqrt{3}} = \frac{\sqrt{(119)^2 + (87.5)^2}}{220 \sqrt{3}} = 388.07 \text{ A}$$

$$\text{Et } I_{adm. Kt} = 605 > I_{av43} = 388.07 \text{ A}$$

$$I_{av41} = \frac{S_{41}}{U_n \sqrt{3}} = \frac{\sqrt{(131)^2 + (97.5)^2}}{220 \sqrt{3}} = 429.05 \text{ A}$$

$$\text{Et } I_{adm. Kt} = 605 > I_{av41} = 429.05 \text{ A}$$

$$I_{avA4} = \frac{S_{A4}}{U_n \sqrt{3}} = \frac{\sqrt{(370)^2 + (275)^2}}{220 \sqrt{3}} = 1211.24 \text{ A}$$

$$\text{Et } I_{adm. Kt} = 1050 < I_{avA4} = 1211.24 \text{ A}$$

Donc on propose de doubler la ligne A-4, on prend par exemple 2*ACO-300

$$I_{AVA4} = \frac{S_{A4}}{2 \cdot U_n \sqrt{3}} = \frac{1211.24}{2} = 605.62 \text{ A}$$

$$I_{adm.Kt} = 690 > I_{AV A4} = 605.62$$

I.9. Choix des transformateurs :

On installe sur les postes de transformation du réseau haute tension d'habitude deux transformateur, parce que les charges sont de la première ou de la deuxième catégorie, la puissance de chacune est choisie d'après la formule suivante :

$$S_{nom} \geq (0.65 : 0.7) S_{max}$$

Où S_{max} est la puissance maximale de poste, avec cela on suppose qu'en cas de panne d'un transformateur l'autre assure l'alimentation de tous les consommateurs, pendant le temps de réparation avec sa surcharge admissible « $1.4 \cdot S_{nom}$ »

Poste charge	Nombre de transformateur	$S=0.7 S_{max}$ (MVA)	S_{nom} du transformateur
1	2	$0.7\sqrt{(100)^2 + (75)^2} = 87.5$	100
2	2	$0.7\sqrt{(80)^2 + (60)^2} = 70$	100
3	2	$0.7\sqrt{(70)^2 + (50)^2} = 60.21$	100
4	2	$0.7\sqrt{(120)^2 + (90)^2} = 105$	125 ?

Lorsqu'on a la même tension nominale pour toutes les variantes on choisit les mêmes transformateurs pour chaque variante.

I.9.1. Paramètre du transformateur :

Snom (MVA)	type	Un	Ucc(%)	Δp_{cc} (kw)	$i_0\% \Delta p_0$	R	X(t)	ΔQ_0 (KVAR)		
100	Tr 100000 0/220	230	11	12	360	0.7	115	1.90	63	700
125	Tr 125000	242	6.3 ; 10.5 13.8 ; 20	11	380	0.5	135	1.27	46.5	625

*Comparaison technico-économique des variantes :

$$D_{ram} = K_n \cdot I + D_{an}$$

K_n : coefficient normalisé d'efficacité des investissements $K_n = 0.10$

I : investissement du réseau

D_{an} : dépense annuelle du réseau

Avec : $D_{an} = D_{am} + D_{en} + D_{per}$

Où : D_{am} dépense d'amortissement

Destiné à renouveler le réseau après son usure totale et à la répartition capitale du réseau

$$D_{am} = K_{am} \cdot I$$

Où : K_{am} coefficient d'amortissement

D_{en} : dépense d'entretien destinée à la réparation courante

$$D_{per} = \delta \cdot DW$$

∂ : prix de l'énergie perdue

DW : les pertes d'énergies en KWH

$$DW = \Delta p_{\max} * t$$

Pour une ligne :

$$DW = \left(\frac{S^2_{\max}}{UN^2} \right) * R * t$$

- **Application numérique :**

Calcul des pertes d'énergie par la formule : $DW = \left(\frac{S^2_{\max}}{UN^2} \right) * R * t$

Avec : $t = 7600$

Première variante :

ligne	L(km)	r0(Ω/km)	R0=r0*L	DWL
A-1	70	0.013	0.91	$7676.08 * 10^3$
1-2	60	0.108	6.48	$15759.36 * 10^3$
2-3	60	0.13	7.8	$61651.12 * 10^3$
3-4	90	0.13	11.7	$176950.8 * 10^3$
A-4	70	0.013	0.91/2	$3793.42 * 10^3$
DW total				$262005.78 * 10^3$

Deuxième variante :

ligne	L(km)	r0(Ω /km)	R0=r0*L	DWL
A-1	70	0.065	4.55	$23795.76 \cdot 10^3$
1-2	60	0.13	7.8	$19137.39 \cdot 10^3$
2-3	60	0.13	7.8	$61651.2 \cdot 10^3$
3-4	90	0.13	11.7	$16005.61 \cdot 10^3$
A-4	70	0.084	5.88	$55413.12 \cdot 10^3$
A-3	120	0.108	12.96	$93571.21 \cdot 10^3$
DW total				$252350.61 \cdot 10^3$

Troisième variante :

ligne	L(km)	r0(Ω /km)	R0=r0*L	DWL
A-1	70	0.013	0.91	$7372 \cdot 10^3$
1-2	60	0.108	6.48	$1477.44 \cdot 10^3$
2-3	60	0.13	7.8	$4623.84 \cdot 10^3$
3-4	90	0.13	11.7	$40014 \cdot 10^3$
1-4	90	0.13	11.7	$48868 \cdot 10^3$
A-A	70	0.013	0.91/2	$3724 \cdot 10^3$
DW total				$102355.28 \cdot 10^3$

Indice économique	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Type de section			
F=600	140KM*300=4200		140KM*300=4200
F=500	/	70KM*280=19600	
F=400	/	70KM*250=17500	
F=300	60KM*230=13800	120KM*230=27600	60KM*230=13800
F=240	150KM*200=30000	210*200=42000	240KM*200=48000
Ligne aérienne	85800	106700	103800
Calcul 220kv de tableau	Nombre de disjoncteur=10 10*2000=20000	Nombre de disjoncteur :12 12*2000=24000	Nombre de disjoncteur :12 12*2000=24000
Investissement en (mille da)	105800	130700	127800
Depense			
Dam+dem			
Ligne aérienne Pam+Pen=2.8%	2,8/100*85800=242,4	2,8/100*106700=2987.6	2,8/100*103800 =2906,4
Pertes Pan+Pen=4.8%	4,9/100*20000 =960	4,8/100*24000=1152	4,8/100*24000 =1152
Pertes d'énergie V ₂ =2,75 DA/KWH	2,75*262005,61 =720515 ,89*10 ³	2,75*252350,61 =693964,17*10 ³	2,75*102355,28 =281477 ,02*10 ³

dépense annuelle $D_{am}+D_{en}+D_{pel}$	$723878,29*10^3$	$698103,77*10^3$	$285535,42*10^3$
D_{ram}	$734458,29*10^3$	$711173,77*10^3$	$298315,42*10^3$

- **Conclusion :**

D'après les calculs on voit que les dépenses ramenés D_{ram}

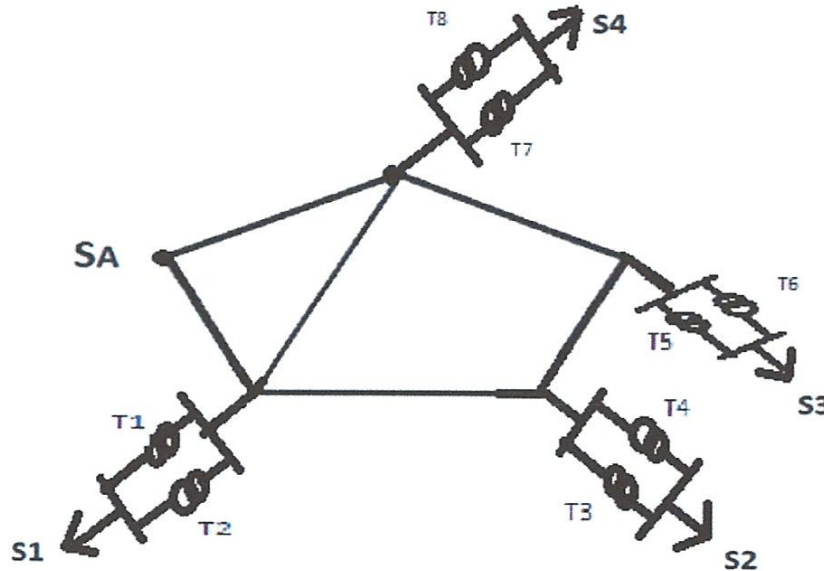
sont minimales pour la troisième variante donc on choisit cette variante.

CHAPITRE II :
ETUDE DU RESEAU
CHOISI

Introduction

Le schéma choisit et le meilleur du point de vue technico –économique dans la deuxième partie de notre travaille nous allons étudié les paramètres des lignes et des transformateurs ainsi que leur pertes

II.1. Paramètre des ligne et des transformateurs :



Ligne et transformateur	X (Ω)	R(Ω)	B*10 ⁻⁴ (1/Ω)	Δp0+jΔq0(MVA)
A-1	28.21	0.91	1.98	/
1-2	25.32	6.48	1.62	/
2-3	25.8	7.8	1.59	/
3-4	38.7	11.7	2.39	/
A-4	28.21	0.91	1.98	/
1-4	38.7	11.7	2.39	/
T1 ,T2,T3,T4,T5,T6	63	1.9	/	0.115+j0.700
T7,T8	46.5	1.27	/	0.135+j0.625

II.1.1. Détermination des pertes dans les transformateurs :

On calcul les pertes dans le transformateurs puis on détermine les pertes a hautes tension.

a)- poste 1 :

$$\Delta P_{t12} = \left(\frac{p_{12} + Q_{12}}{Un_2} * \frac{Rt_1}{2} \right) + 2\Delta p_{01} = \left(\frac{100^2 + 75^2}{230^2} * \frac{1.9}{2} \right) + 2 * 0.115$$

$$\Delta p_{t12} = 0.505 \text{ MW}$$

$$\Delta Q_{t12} = \left(\frac{p_{12} + Q_{12}}{Un_2} * \frac{XG}{2} \right) + 2\Delta Q_{01} = \left(\frac{100^2 + 75^2}{230^2} * \frac{63}{2} \right) + 2 * 0.700$$

$$\Delta Q_{t12} = 10.535 \text{ MVAR}$$

$$D'ou S_1' = S_1 + \Delta S_{t12} = (100 + j0.75) + (0.505 + j10.535)$$

$$S_1' = 100.505 + j85.535 \text{ MVA}$$

b)- poste 2 :

$$\Delta P_{t34} = \left(\frac{p_{2^2} + Q_{2^2}}{Un_2} * \frac{Rt_2}{2} \right) + 2\Delta p_{02} = \left(\frac{80^2 + 60^2}{230^2} * \frac{1.9}{2} \right) + 2 * 0.115$$

$$\Delta p_{t34} = 0.401 \text{ MW}$$

$$\Delta Q_{t12} = \left(\frac{p_{2^2} + Q_{2^2}}{Un_2} * \frac{XG_2}{2} \right) + 2\Delta Q_{01} = \left(\frac{80^2 + 60^2}{230^2} * \frac{63}{2} \right) + 2 * 0.700$$

$$\Delta Q_{t12} = 7.07 \text{ MVAR}$$

$$D'ou S_2' = S_2 + \Delta S_{t34} = (80 + j60) + (0.401 + j7.07)$$

$$S_2' = 80.401 + j67.07 \text{ MVA}$$

c)- poste 3 :

$$\Delta P_{t156} = \left(\frac{p_{3^2} + Q_{3^2}}{Un_2} * \frac{Rt_3}{2} \right) + 2\Delta p_{03} = \left(\frac{70^2 + 50^2}{230^2} * \frac{1.9}{2} \right) + 2 * 0.115$$

$$\Delta p_{t56} = 0.353 \text{ MW}$$

$$\Delta Q_{t56} = \left(\frac{p_{3^2} + Q_{3^2}}{Un_2} * \frac{XG}{2} \right) + 2\Delta Q_{01} = \left(\frac{70^2 + 50^2}{230^2} * \frac{63}{2} \right) + 2 * 0.700$$

$$\Delta Q_{t56} = 5.495 \text{ MVAR}$$

$$D'ou S_3' = S_3 + \Delta S_{t56} = (70 + j50) + (0.353 + j5.495)$$

$$S3' = 70.353 + j55.495 \text{ MVA}$$

d)- poste 4 :

$$\Delta P_{t78} = \left(\frac{p4^2 + Q4^2 * \frac{Rt4}{2}}{Un2} \right) + 2\Delta p04 = \left(\frac{120^2 + 90^2 * \frac{1.9}{2}}{230^2} \right) + 2 * 0.115$$

$$\Delta p_{t78} = 0.509 \text{ MW}$$

$$\Delta Q_{t78} = \left(\frac{p4^2 + Q4^2 * \frac{XG4}{2}}{Un2} \right) + 2\Delta Q04 = \left(\frac{120^2 + 90^2 * \frac{63}{2}}{230^2} \right) + 2 * 0.700$$

$$\Delta Q_{t78} = 10.085 \text{ MVAR}$$

$$D' \text{ où } S4' = S4 + \Delta S_{t78} = (120 + j90) + (0.509 + j10.085)$$

$$S4' = 120.589 + j10.085 \text{ MVA}$$

II.1.2. Déterminations de la puissance capacitive des lignes écoulées dans les nœuds 1.2.3.4 :

$$\varphi_c = b^2 * Un^2$$

$$\varphi_{cA1} = b_{A1/2} * Un^2 = (1.98 * 10^{-4/2}) * (220)^2 = 4.791 \text{ MVAR}$$

$$\varphi_{c12} = b_{12/2} * Un^2 = (1.62 * 10^{-4/2}) * (220)^2 = 3.920 \text{ MVAR}$$

$$\varphi_{c23} = b_{12/2} * Un^2 = (1.59 * 10^{-4/2}) * (220)^2 = 3.823 \text{ MVAR}$$

$$\varphi_{c34} = b_{12/2} * Un^2 = (2.39 * 10^{-4/2}) * (220)^2 = 5.759 \text{ MVAR}$$

$$\varphi_{cA4} = b_{12/2} * Un^2 = (1.98 * 10^{-4/2}) * (220)^2 = 4.791 \text{ MVAR}$$

$$\varphi_{c14} = b_{12/2} * Un^2 = (2.39 * 10^{-4/2}) * (220)^2 = 5.759 \text{ MVAR}$$

a) Poste 1 :

$$S1'' = S1 - jQ_{cA1} - jQ_{c12} - jQ_{c14} = 100.505 + j85.535 - j4.791 - j3.96 - j5.759$$

$$S1'' = 100.505 + j71.065 \text{ MVA}$$

b) Poste 2:

$$S2'' = S2' - jQc12 - jQc23 = 80.401 + j67.07 - j3.920 - j3.823$$

$$S2'' = 80.401 + j59.32 \text{ MVA}$$

a) Poste 3:

$$S3'' = S3' - jQc23 - jQc34 = 70.353 + j55.495 - j3.8023 - j5.759$$

$$S3'' = 70.353 + j45.913 \text{ MVA}$$

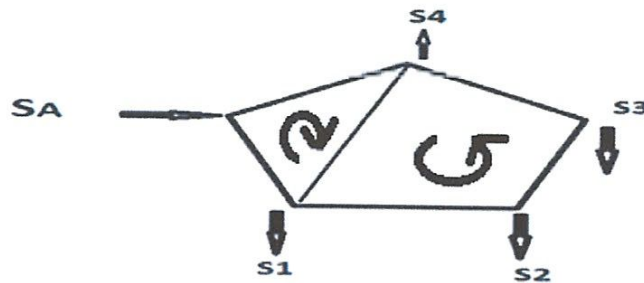
b) Poste 4:

$$S4'' = S4' - jQcA4 - jQc43 - jQc14 = 120.509 + j100.085 - j4.791 - j5.759 - j5.759$$

$$S4'' = 120.509 + j83.776 \text{ MVA}$$

II.1.3. Calculs des puissances de ligne :

On utilise la méthode des contours



Soit $S_x = S_A - 1$ et $S_y = S_1 - 2$

$$S_{A-1}' = S_1'' + S_2'' + S_3'' + S_4'' - S_x$$

$$S_{3-2}'' = S_y - S_2''$$

$$S_{4-3}' = S_3'' - S_{3-2} = S_3'' + S_2'' - S_y$$

$$S_{1-4}' = S_x + S_y - S_2'' - S_3'' - S_4''$$

Contour 1:

$$S_x \cdot LA-4 + S_{1-4}' \cdot L1-4 - S_{A-1}' \cdot LA-1 = 0$$

ON AURA :

$$S_x LA-4 + (S_x + S_y - S_2'' - S_3'' - S_4'') L_1-4 - (S_1'' + S_2'' + S_3'' + S_4'' - S_x) LA-1 = 0$$

$$230S_x + 90S_y = 50437.43 + j35217.11 \dots\dots (1)$$

CONTOUR 2 :

$$S_y LA-1 + S_3-2' L_3-2 - S_4-3' L_4-3 + S_1-4' L_1-4 = 0$$

$$S_y L_1-2 + (S_y - S_2'') L_2-3 - (S_2'' + S_3'' - S_y) L_4-3 + (S_x - S_4'' - S_5'' - S_2'' + S_y) L_1-4$$

On a:

$$90S_x + 300S_y = 42805.59 + j30042.66 \dots\dots (2)$$

- Système de deux équations a deux inconnues (S_x, S_y)

$$230S_x + 90S_y = 50437.43 + j35217.11 \dots\dots (1)$$

$$90S_x + 300S_y = 42805.59 + j30042.66 \dots\dots (2)$$

La resolution done :

$$S_x = 185.32 + j129.16 \text{ MVA}$$

$$S_y = 87.08 + j61.39 \text{ MVA}$$

Les puissances de lignes :

$$S_{A-1}' = S_1'' + S_2'' + S_3'' + S_4'' - S_x = 186.44 + j130.92 \text{ MVA}$$

$$S_{3-2}'' = S_y - S_2'' = 6.67 + j2.063 \text{ MVA}$$

$$S_{4-3}' = S_3'' - S_3-2 = S_3'' + S_2'' - S_y = 63.67 + j43.85 \text{ MVA}$$

$$S_{1-4}' = S_x + S_y - S_2'' - S_3'' - S_4'' = 1.10 + j1.54 \text{ MVA}$$

$$S'A-4 = 185.32 + j129.16 \text{ MVA}$$

$$S_{1-2}' = 87.08 + j61.39 \text{ MVA}$$

II.1.4. Calcul des tensions de nœuds :

la détermination des tension dans les différent nœuds est effectuée par la méthode d'approximation successive qui est une méthode itérative simple ,

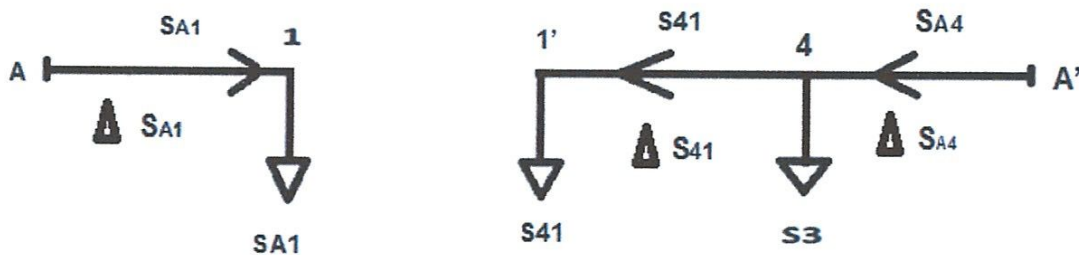
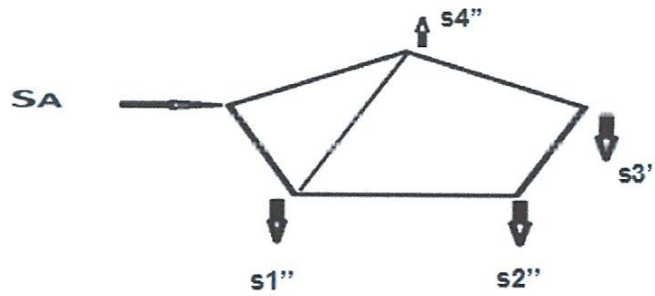
sachant la puissance a l'extrémité du réseau et on suppose que les tension dans tout les nœuds sont nominale ,on calcul la puissance demandé de la source a.

Avec cette puissance et avec la tension que nous fixons au nœud « a » on détermine la nouvelle répartition des tension et des puissances

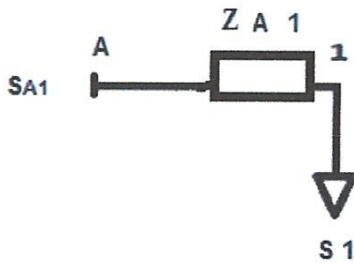
la tension d'extrémité obtenue permet de faire le calcul on allant vers la source si la tension obtenu calculé correspond a la tension donnée avec une précision déterminé le calcul est bon si non on continue les itération

on a : $\epsilon' = \frac{U_{a'} - U_a}{U_a} 100$ et $\epsilon_{ad} = 1\%$

✓ *Calculs des tension;



La partie A-1 :



$$S_1 = S_{A-1}' = 186.44 + j130.92$$

On a $U_A = 242$ KV

$S_A = ?$

- Détermination de U_1 et S_A :

Calcul itération 1 :

On suppose que $U_1^0 = U_n$

$$\Delta S_{A1}^0 = \left(\frac{S_{A1}}{U_1}\right)^2 * (Z_{A1}) = \frac{(186.44)^2 + (130.92)^2}{(220)^2} * (0.91 + j28.81)$$

$$= (0.97 + j 30.82) \text{ MVA}$$

$$S_A^0 = S_1 + \Delta S_{A1}^0 = 187.41 + j 161.74 \text{ MVA}$$

Avec : $S_A^0 = 187.41 + j161.74$ MVA et $U_A = 242$ KV

$$\text{On a : } \Delta U_{A1} = \frac{P_{A1} * r_{A1} + Q_{A1} * X_{A1}}{U_n} + j \frac{P_{A1} * X_{A1} - Q_{A1} * r_{A1}}{U_n}$$

$$\Delta U_{A1} = \frac{187.41 * 0.91 + 161.74 * 28.81}{242} + j \frac{187.41 * 28.81 - 161.74 * 0.91}{242}$$

$$\Delta U_{A1}^1 = (19.95 + j21.70) \text{ KV}$$

$$U_1^1 = U_A + \Delta U_{A1}^1 = (222.05 + j21.70) \text{ KV}$$

2^{ème} itération:

Avec: $U_1 = 222.05 + j21.70$ KV et $S_1 = 186.44 + j130.92$ MVA

$$\Delta S_{A1}^1 = \left(\frac{S_1}{U_1}\right)^2 * (Z_{A1}) = \frac{(186.44)^2 + (130.92)^2}{(223)^2} * (0.91 + j28.81)$$

$$\Delta S_{A1}^1 = (0.94 + j29.96) \text{ MVA}$$

$$S_A^1 = S_{1+} + \Delta S_{A1}^1 = 187.38 + j160.88 \text{ MVA}$$

$$\Delta U_{A1}^1 = \frac{186.44 \cdot 0.91 + 130 \cdot 28.81}{223.10} + j \frac{186.44 \cdot 28.81 - 130.92 \cdot 0.91}{223.10}$$

$$\Delta U_{A1}^1 = 17.77 + j23.54 \text{ KV}$$

$$U_A^1 = U_1^1 + \Delta U_{A1}^1 = 223.10 + 17.77 + j23.54$$

$$U_A^1 = 240.87 + j23.54 \text{ KV}$$

$$[U_A^1 - U_A] = 0.01 \text{ KV donc on arrête les calculs}$$

La partie 1'-A' :

$$\text{On a : } U_1 = 2230.10 \text{ KV et } S' = S_{41} = 1.10 + j4.54 \text{ MVA}$$

Iteration 1 :

$$\Delta S_{14}^0 = \left(\frac{S_{14}}{U_1}\right)^2 * (Z_{14}) = \frac{(1.10)^2 + (1.54)^2}{(223.10)^2} * (11.7 + j38.7)$$

$$\Delta S_{14}^0 = (0.84 + j0.78) * 10^{-3} \text{ MVA}$$

$$S_{41}' = S_{14}' + \Delta S_{14}^0 = 1.10 + j1.542 \text{ MVA}$$

$$\Delta U_{14}^1 = \frac{1.10 \cdot 11.7 + 1.542 \cdot 38.7}{223.10} + j \frac{1.1 \cdot 38.7 - 1.542 \cdot 11.7}{223.10}$$

$$\Delta U_{14}^1 = 0.32 + j0.10 \text{ KV}$$

$$U_4^1 = U_1 + \Delta U_{14}^1 = 223.10 + 0.32 + j0.10$$

$$U_4^1 = 223.42 + j0.10 \text{ KV}$$

Iteration 2 :

$$\Delta S_{A4}' = \left(\frac{S_{A4}}{U_4}\right)^2 * (Z_{A4})$$

$$S_{A-4}' = S_{4-4}' + S_{4-1}' = S_{4-3}' + S_{4-1}'$$

$$S_{A-4}' = 120.509 + j86.779 + 63.67 + j43.85 + 1.10 + j1.54$$

$$S_{A-4}' = 185,27 + j129,16 \text{ MVA}$$

$$\Delta S_{A4}' = \frac{(185,25)^2 + (129,16)^2}{(223,42)^2} * (0,91 + j28,81)$$

$$\Delta S_{A4}' = 0,92 + j29,38 \text{ MVA}$$

$$S_A' = S_{A-4}' + \Delta S_{A4}'$$

$$\Delta U_{A4}' = \frac{186,19 * 0,91 + 158,54 * 28,81}{223,42} + j \frac{186,19 * 28,81 - 158,54 * 0,91}{223,42}$$

$$\Delta U_{A4}' = 27,20 + j23,36 \text{ KV}$$

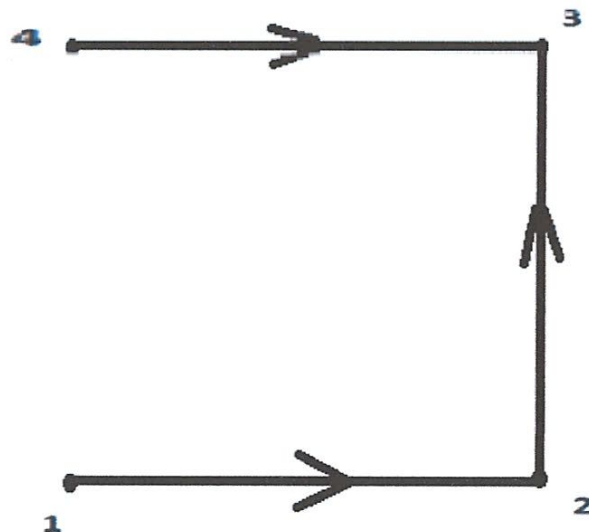
$$U_A' = U_4^1 + \Delta U_{A4}' = 223,42 + 27,20 + j23,36$$

$$U_A' = 244,62 + j23,26 \text{ KV}$$

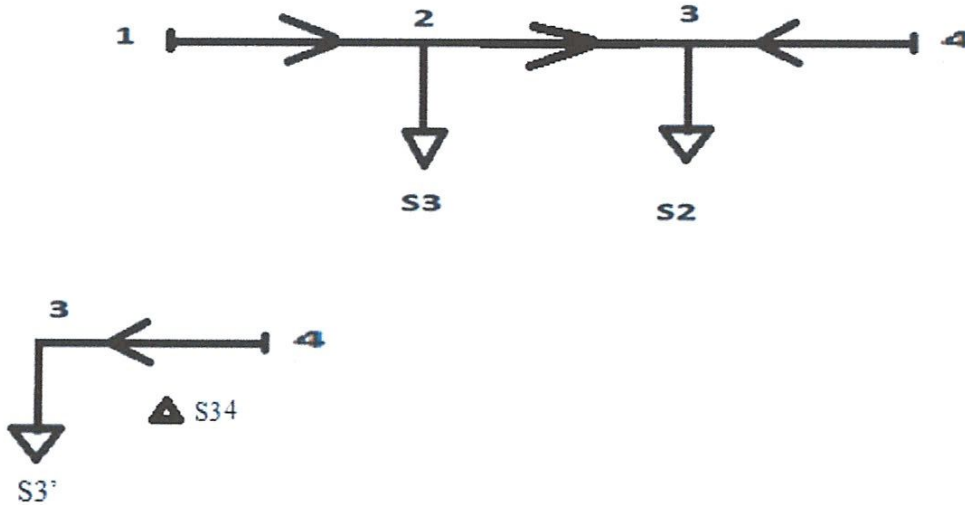
$$[U_A'] = 245,73 \text{ KV}$$

$$\epsilon = \frac{U_A' - U_a}{U_a} * 100 = \frac{245,73 - 242}{242} * 100 = 1,24\%$$

donc on arrête les calculs



On ouvre la boucle



On suppose que : $U_3^0 = U_n$

Avec $U_4 = 223,42$ KV et $S_{43}' = S_{43} + \Delta S_{34}$

$$\Delta S_{34} = \left(\frac{S_{43}}{U_4} \right)^2 * (Z_{43}) = \left(\frac{(63,67)^2 + (43,85)^2}{223,42} \right) * (11,7 + j38,7)$$

$$\Delta S_{34} = 1,28 + j4,25 \text{ MVA}$$

$$S_{43}' = S_{43} + \Delta S_{34} = 64,95 + j48,1 \text{ MVA}$$

$$\Delta U_{34} = \frac{P_{43} * r_{43} + Q_{43} * X_{43}}{U_4} + j \frac{P_{34} * X_{43} - Q_{43} * r_{43}}{U_4}$$

$$\Delta U_{34} = \frac{64,95 * 11,7 + 48,1 * 38,7}{223,42} + j \frac{64,95 * 38,7 - 48,1 * 11,7}{223,42}$$

$$\Delta U_{34} = 11,37 + j8,73 \text{ KV}$$

$$U_3^1 = [U_4] - \Delta U_{34} = 223,42 - 11,73 + j8,73$$

$$U_3^1 = 211,69 + j8,73 \text{ KV}$$

$$[U_3^1] = 211,86 \text{ KV}$$

Iteration 2:

Avec $U_3^1 = 211,86$ KV et $S_{43} = 63,67 + j43,85$ MVA

$$\Delta S_{34}' = \left(\frac{S_{43}}{U_3^1} \right)^2 * (Z_{43}) = \left(\frac{63,67^2 + 43,85^2}{211,86} \right)^2 * (11,7 + j38,7)$$

$$\Delta S_{34}' = 1,52 + j5,03 \text{ MVA}$$

$$\Delta U_{34}' = \frac{P_{43} * r_{43} + Q_{43} * X_{43}}{U_{34}'} + j \frac{P_{34} * X_{43} - Q_{43} * r_{43}}{U_{34}'}$$

$$\Delta U_{34}' = \frac{63,67 * 11,7 + 43,85 * 38,7}{211,86} + j \frac{63,67 * 38,7 - 43,8 * 11,7}{211,86}$$

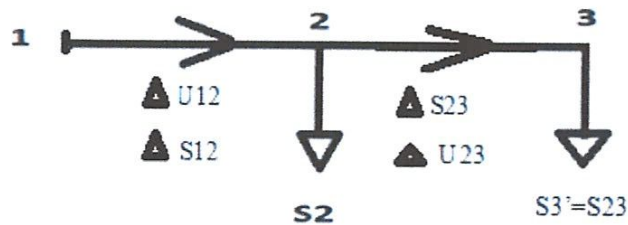
$$\Delta U_{34}' = 11,52 + j9,21 \text{ KV}$$

$$U_4^1 = [U_3^1] + \Delta U_{34}' = 211,86 + 11,52 + j9,21$$

$$U_4^1 = 223,38 + j9,21 \text{ et } [U_4^1] = 223,56 \text{ KV}$$

$$[[U_4^1] - U_4] = 223,56 - 223,42 = 0,14 \text{ KV}$$

Donc on arrête les calculs



$$\Delta S_{23} = \left(\frac{S_{23}}{U_3}\right)^2 * (Z_{23}) = \frac{(6,67)^2 + (2,06)^2}{(211,86)^2} * (7,8 + j25,8)$$

$$\Delta S_{23} = 0,007 + j0,025 \text{ MVA}$$

$$\Delta U_{23} = \frac{P_{23} * r_{23} + Q_{23} * X_{23}}{U_3} + j \frac{P_{23} * X_{23} - Q_{23} * r_{23}}{U_3}$$

$$\Delta U_{23} = \frac{6,67 * 7,8 + 2,06 * 25,8}{211,86} + j \frac{6,67 * 25,8 - 2,06 * 7,8}{211,86}$$

$$\Delta U_{23} = 0,49 + j0,37 \text{ KV}$$

$$U_2^0 = [U_3] + \Delta U_{23} = 211,86 + 0,49 + j0,37$$

$$U_2^0 = 212,35 + j0,73 \text{ et } [U_2^0] = 212,35 \text{ KV}$$

Itération 2 :

$$\Delta S_{12} = \left(\frac{S_{12}}{U_1}\right)^2 * (Z_{12})$$

$$\Delta S_{12} = \frac{(87,08)^2 + (61,39)^2}{(223,10)^2} * (6,48 + j25,32)$$

$$\Delta S_{12} = 1,42 + j5,57 \text{ MVA}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{P_{12} * r_{12} + Q_{12} * X_{12}}{U_1} + j \frac{P_{12} * X_{12} - Q_{12} * r_{12}}{U_1}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{87,08 * 6,48 + 61,39 * 25,32}{223,10} + j \frac{87,08 * 25,32 - 61,39 * 6,48}{223,10}$$

$$\Delta U_{12} = 9,49 + j8,09 \text{ KV}$$

$$U_2^1 = [U_1] - \Delta U_{12} = 223,10 - 9,49 + j8,09 = 213,61 + j8,09 \text{ KV}$$

$$[U_2^1] = 213,76 \text{ KV}$$

$$[U_2^1 - U_2] = 213,76 - 212,35 = 1,41 \text{ Kv}$$

Donc on arrête les calculs

Le nœud	U(KV)	U(KV)
A	244,62+j23,36	245,73
1	222,05+j21,70	223,10
2	213,61+j8,09	213,76
3	211,69+j8,73	211,86
4	223,38+j9,21	223,56

- **Conclusion :**

après l'étude du réseau choisit on a trouvé que ce dernier présente des dépenses ramenées minimales.

CHAPITRE III :
ANALYSE DE LA
STABILITE DYNAMIQUE

Introduction

La stabilité dynamique est la capacité du générateur de rétablir le régime normal après de fortes perturbations.

Ces perturbations sont de natures oscillatoires (interaction entre couples accélérateur et de freinage correspondants respectivement aux puissances de la turbine et du générateur) et peuvent avoir différents origines :

- Variations brusques de la charge (saut de charge) ;
- Débranchement inattendu d'une ligne ou d'un transformateur ;
- Débranchement d'une génératrice ;
- Courts-circuits.

Les plus dures de ces perturbations sont les courts circuits (la tension est nulle au point de court-circuit triphasé).

Le degré d'effet du court-circuit sur la stabilité dynamique est évalué par la chute de tension dans le point de défaut. Plus la tension dans le point de défaut diminue plus la sortie du synchronisme est probable. Ceci fait que la stabilité dynamique est particulièrement étudiée dans le cas des courts-circuits triphasés.

III.1. Caractéristiques de puissance pour le cas de débranchement d'une ligne :

Considérons le système de la figure (Figure III.1) et supposons qu'une des deux lignes en parallèle s'est débranchée on aura alors :

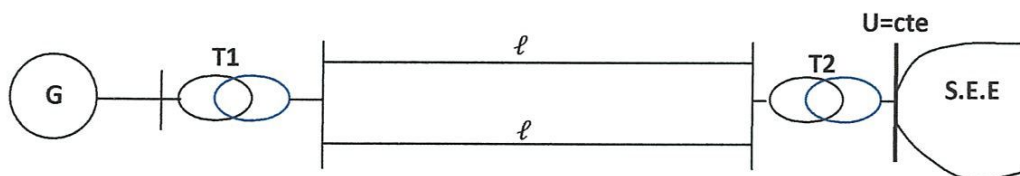


Figure III.1 : Exemple d'un réseau de transport.

Avant le débranchement : $X_s = X_G + X_{T1} + \frac{1}{2}X_l + X_{T2}$

Après le débranchement : $X_{s1} = X_G + X_{T1} + X_l + X_{T2}$

Donc X_s a augmenté de $\frac{1}{2}X_l \rightarrow P_m = EU_s/X_{s1}$ diminue de m fois.

Le débranchement de la ligne définit une caractéristique de la puissance (Caractéristique 2) avec un maximum inférieur à celui de la caractéristique 1 (Figure III.2).

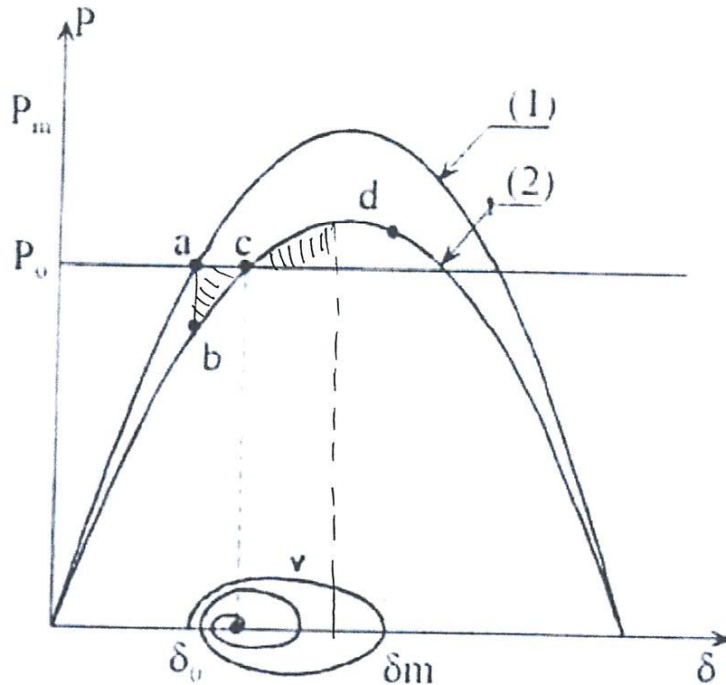


Figure III.2 : Caractéristiques de puissances dans le cas de débranchement d'une ligne (régime stable).

A l'instant même du débranchement de la ligne, et en raison de l'énergie mécanique du rotor, l'angle δ entre les vecteurs E et U ne varie pas instantanément $\delta = \delta_0$ mais le régime passe du (point a) au (point b), dans ce point la puissance de la turbine P_T qui est supposée constante et ne dépend pas des conditions extérieurs est supérieur à celle de la machine P_b ($P_T > P_b$).

La génératrice fera accélérer alors le rotor et le vecteur E qui jusqu'alors tournait en synchronisme avec le vecteur U commence à tourner à une vitesse plus grande il apparaît une vitesse relative de rotation v de E par rapport à U.

Le processus d'accélération continue jusqu'au point où les moments s'équilibrent (point c), à cet instant la vitesse relative v est maximale, et le rotor animé relativement par cette vitesse ne peut pas reprendre instantanément la vitesse du synchronisme et le processus de freinage commence jusqu'à ce que la vitesse s'annule (point d par exemple).

Au point d où la vitesse relative s'annule, l'angle δ est alors à sa valeur maximale mais le moment de freinage reste supérieur au moment accélérateur par conséquent la vitesse v commence à évoluer dans le sens inverse et l'angle δ commence à diminuer $\delta_m \rightarrow \delta_{moy}$ et au delà. Il s'établit une oscillation jusqu'à l'équilibre énergétique avec $v=0$ et $\delta = \delta_{moy}$ (point c).

Si pendant l'évaluation de la vitesse (Figure III.3) pendant la première phase, de zéro à sa valeur max ($a \rightarrow c$) et au delà, l'angle δ atteint sa valeur critique

$\delta = \delta_{cr}$. Avant que la vitesse v ne s'annule (Point c') l'équilibre se renverse au profit de l'accélération du rotor ce qui fera, inversement, augmenter la vitesse (et l'angle δ). Ce processus conduit à la sortie du synchronisme de la machine.

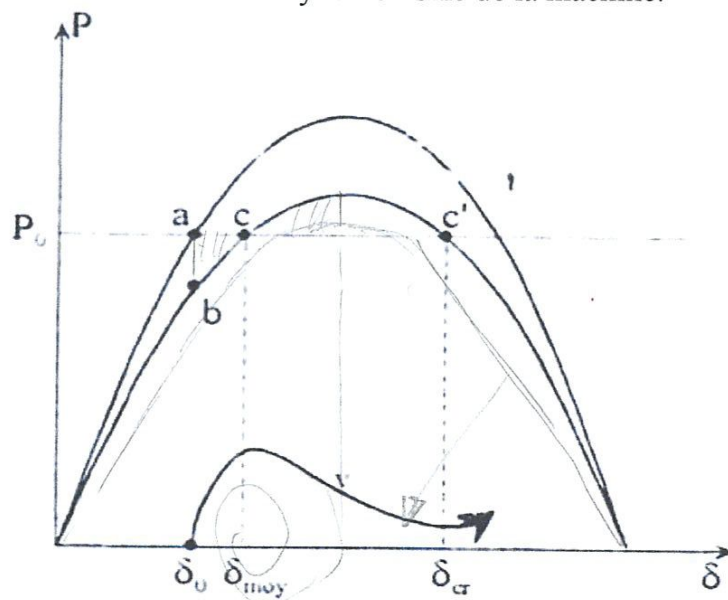


Figure III.3 : Perte de la stabilité dynamique à la suite de débranchement de l'une des deux lignes.

III.2. Caractéristiques de puissance pour le cas d'un court-circuit :

III.2.1. Types des courts-circuits :

On distingue trois types de court-circuit :

- Court-circuit monophasé;
- Court-circuit biphasé non et à la terre ;
- Court-circuit triphasé non et à la terre.

Les courts-circuits triphasés sont peut fréquents et simples à calculés, les deux premiers types sont plus fréquents et peuvent donner lieu à des courants de court-circuit plus élevés dans certains cas.

III.2.2. Caractéristiques de puissances :

Dans le cas d'un court-circuit on obtient en général les caractéristiques de puissances suivantes (Figure III.4) :

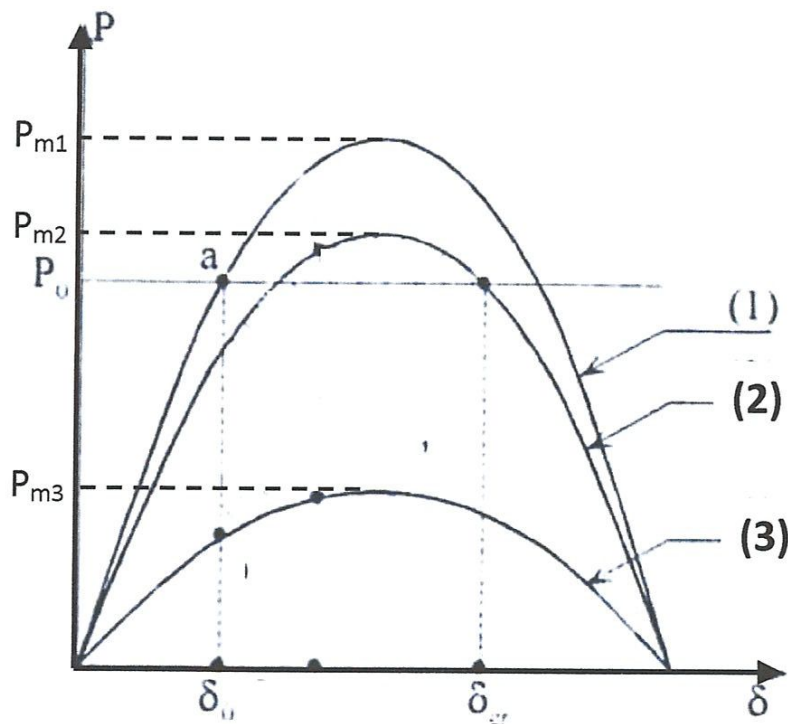


Figure III.4 : Caractéristiques de puissances dans le cas d'un court-circuit.

- (1) Durant le régime normal (avant le défaut) ;
- (2) Durant le régime après avarie (après élimination du défaut) ;
- (3) Durant le régime d'avarie (durant le défaut).

III.3. Lois des surfaces (des aires) :

Elle est basée sur le fait que l'énergie accumulée lors de l'accélération du rotor doit être égale avec celle dépensée pendant le freinage.

Si on a par exemple un court-circuit qui s'est produit dans l'une des deux lignes en parallèles du système de la figure (Figure III.1), alors les caractéristiques angulaires pour les différents régimes seront représentées comme dans la Figure III.5.

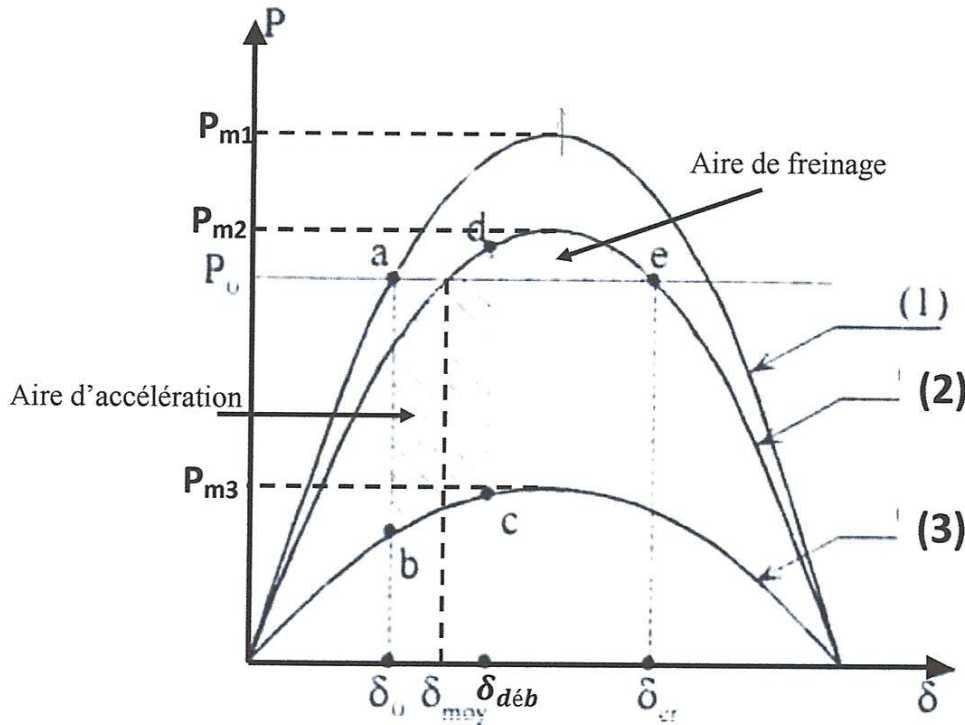


Figure III.5 : Loi des aires.

Avec la loi des aires on peut déterminer l'angle limite de débranchement δ_{deb} .

Alors, l'égalité des deux aires hachurées nous permet d'écrire:

$$\int_{\delta_0}^{\delta_{deb}} (P_0 - P_{m3} \sin \delta) d\delta + \int_{\delta_{deb}}^{\delta_{cr}} (P_0 - P_{m2} \sin \delta) d\delta = 0$$

Où $\delta_{cr} = \pi - \delta_2 = 180 - \arcsin(P_0 / P_{m2})$

D'où : $P_0 (\delta_{cr} - \delta_0) + P_{m3} (\cos \delta_{deb} - \cos \delta_0) + P_0 (\delta_{cr} - \delta_{deb}) + P_{m2} (\cos \delta_{cr} - \cos \delta_{deb}) = 0$

Ce qui donne:

$$P_0 (\delta_{cr} - \delta_0) + (P_{m3} - P_{m2}) \cos \delta_{deb} + P_{m2} \cos \delta_{cr} - P_{m3} \cos \delta_0 = 0$$

Et on aura enfin :

$$\cos \delta_{deb} = \frac{P_0 \frac{(\delta_{cr} - \delta_0)\pi}{180} + P_{m2} \cos \delta_{cr} - P_{m3} \cos \delta_0}{P_{m2} - P_{m3}} \quad (3.1)$$

Où les angles sont exprimés en degrés.

III.4. Méthodes des intervalles successifs :

La procédure consiste à découper l'intervalle du temps du régime transitoire à analyser en élément Δt pour lesquels, on détermine successivement la variation de l'angle δ et de la puissance P . Le régime permanent avant perturbation est défini par le point « a ».

A l'instant $t_0 = 0$ de la perturbation, la puissance du générateur varie en faisant un écart avec $P_0(P_T)$ de $\Delta P(0)$ (Figure III.6). Si les éléments de temps Δt sont choisis suffisamment petits, on peut considérer que $\Delta P(0)$ reste constante pendant l'écart $\Delta \delta(1)$ correspondant à Δt .

Pour déterminer le temps de débranchement, on se base sur l'équation du mouvement du rotor.

$$\Delta P = T_j \cdot (d^2 \delta / dt^2) = P_0 - P_{m3} \sin \delta$$

T_j : Constante de temps.

Du caractère de l'équation (équation différentielle de 2^{ème} ordre), il est difficile de la résoudre directement en fonction de δ , pour cela on utilise d'autres méthodes tel que la méthode des intervalles successifs qui consiste en ce qui suit :

On calcule le coefficient k correspondant au pas Δt .

$$k = \frac{2\pi f (\Delta t)^2}{T_j}$$

$$\text{Ou : } T_j^* = T_j \cdot (S_n / S_b)$$

L'écart de la puissance au début de l'intervalle (1) est :

$$\Delta P(0) = P_0 - P(0) = P_0 - P_{m3} \sin \delta_0$$

L'angle correspond à la fin du premier intervalle (1) est :

$$\delta(1) = \delta_0 + \Delta \delta(1)$$

Où $\Delta \delta(1)$: écart de δ correspond au premier intervalle (1) qui est égale à :

$$\Delta \delta(1) = k \Delta P(0) / 2$$

En insérant la valeur de $\delta(1)$ dans l'expression de ΔP , on obtient .

$$\Delta P(1) = P(0) - P_{m3} \sin \delta(1)$$

Où $\Delta p(1)$: écart entre les puissances du générateur et de la turbine au début du deuxième intervalle.

$$\Delta \delta(2) = \Delta \delta(1) + k \Delta P(1)$$

On peut constater que les écarts de δ correspondant à des intervalles de temps ne sont pas égaux $\Delta \delta(2) > \Delta \delta(1)$, dues à l'accélération initiale au deuxième intervalle.

L'angle δ correspondant sera donc :

$$\delta(2) = \delta(1) + \Delta \delta(2)$$

La valeur de $\Delta P(2) = P_0 - P_{m3} \sin \delta(2)$

La valeur de l'écart $\Delta P(2)$ définit l'accélération qui à son tour permet de déterminer :

$$\delta(3) = \Delta \delta(2) + K \Delta \delta(2)$$

Et ainsi de suite...

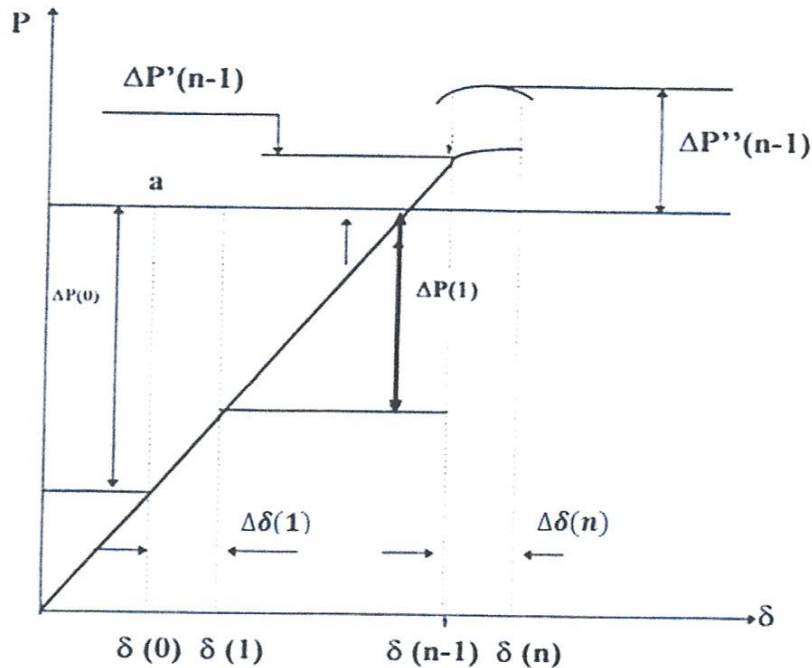


Figure III.6 : Méthode des intervalles successives.

Remarque :

Si au début d'un certain intervalle de temps «n» la ligne en défaut est débranchée, alors l'écart de puissance passe de $\Delta P'(n-1)$ à $\Delta P''(n-1)$ (Figure III.4), et l'écart de l'angle dans cet intervalle sera défini comme suit :

$$\Delta \delta(n) = \Delta \delta(n-1) + K/2[\Delta P'(n-1) + \Delta P''(n-1)]$$

Et d'une manière générale, sauf le cas de discontinuité (ci-dessus) on a :

$$\Delta \delta(m) = \Delta \delta(m-1) + K \Delta P(m-1)$$

Le calcul continue jusqu'à ce que δ commence à diminuer (la machine est stable) ou bien jusqu'à ce que l'on soit sûr que δ continue à augmenter, dans ce cas la machine sort du synchronisme.

Les résultats de calcul permettent de relever la courbe $\delta=f(t)$ (Figure III.7).

De la courbe, et après détermination de l'angle limite de débranchement δ_{deb} , en fait correspondre cette angle et on détermine graphiquement le temps correspondant t_{deb} (Figure III.7).

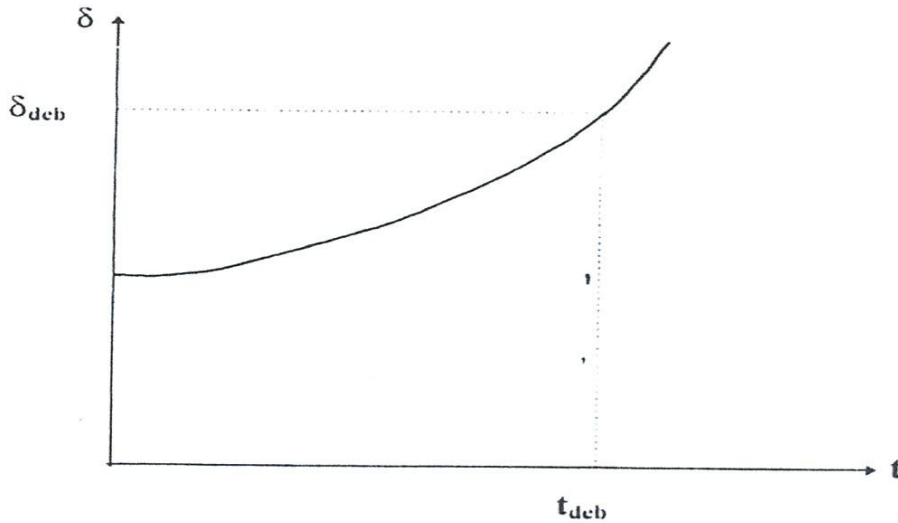


Figure III.7 : Détermination du temps de débranchement.

III.5. Application sur un réseau de transport :

Soit le système électrique de la figure III.8, les données sont représentées sur la figure en unité relative :

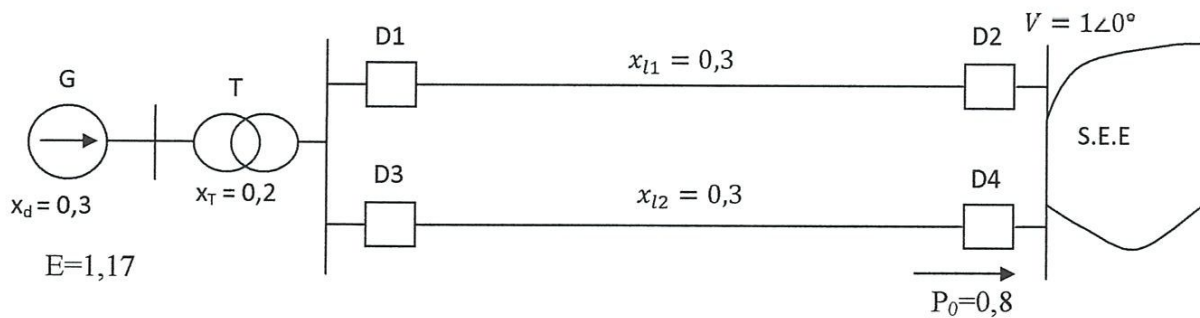


Figure III.8 : Système électrique à calculer.

Régime normal :

Le cas d'un court-circuit au début de la 2^{ème} ligne (Figure III.9)

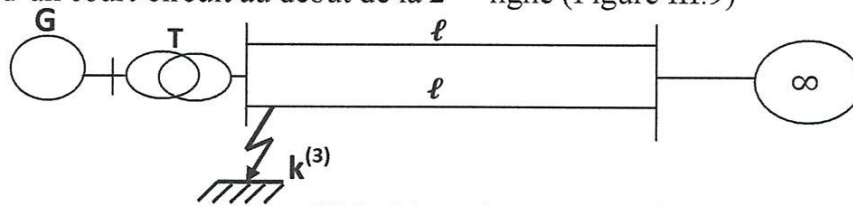


Figure III.9 : Réseau de transport à calculer.

Où le schéma équivalent est représenté par la Figure III.10:

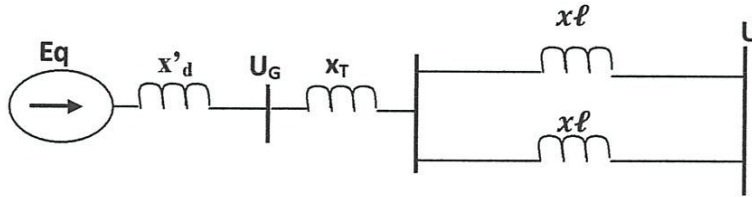
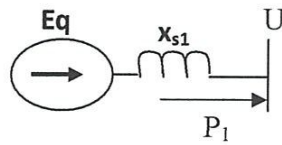


Figure III.10 : Schéma équivalent du réseau.

Ce qui donne :



$$\text{Avec } X_{s1} = X'_d + X_T + \frac{1}{2} X_l = 0,65$$

$$\text{Et } P_1 = \frac{E \cdot U}{X_{s1}} \cdot \sin(\delta) = 1,8 \cdot \sin(\delta) = P_{m1} \cdot \sin(\delta)$$

1- Régime d'avarie :

Le court-circuit au début de la ligne entraîne :

$$X_{s3} = \text{inf. Donc } P_3 = 0$$

2- Régime après avarie :

Le système fonctionne avec une seule ligne et on aura :

$$X_{s2} = X'_d + X_T + X_l = 0,80$$

$$\text{Et } P_2 = \frac{E \cdot U}{X_{s2}} \cdot \sin(\delta) = 1,46 \cdot \sin(\delta) = P_{m2} \cdot \sin(\delta)$$

Avec un programme écrit en Matlab [3], on a déterminé les différentes caractéristiques de puissances pour les cas d'un court-circuit triphasé au début et au milieu de la 2^{ème} ligne.

- Pour le cas du court-circuit triphasé au début de la 2^{ème} ligne, les caractéristiques de puissances sont représentées par la figure III.11 ci-dessous :

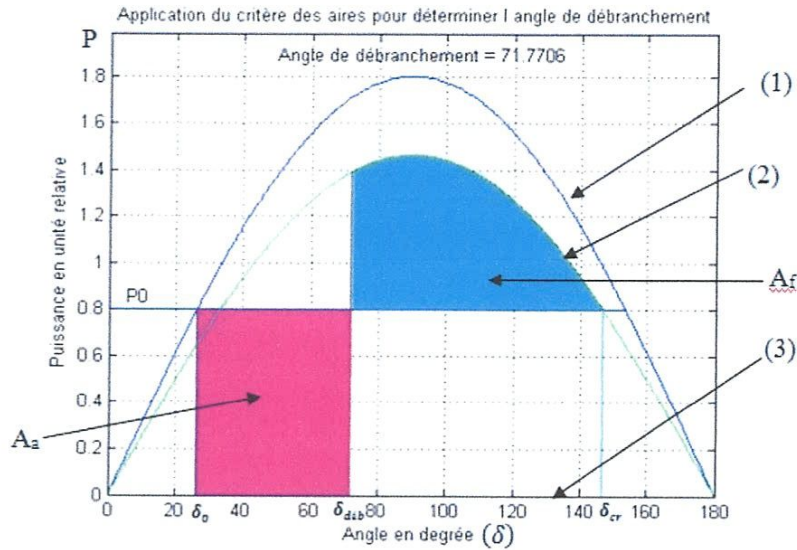


Figure III.11: Caractéristiques de puissances (cas du court-circuit au début de la ligne).

- (1) Régime Normal
- (2) Régime après avarie
- (3) Régime d'avarie

Avec :

Angle de fonctionnement initial $\delta_0 = 26.388$

Angle critique $\delta_{cr} = 146.838$

Angle de débranchement $\delta_{déb} = 71.771$

Temps de débranchement

Pour ce type de court-circuit, la détermination du temps de débranchement limite est facile parce que la puissance durant le court-circuit est nulle, donc on peut analytiquement déterminer ce temps à partir de l'équation de mouvement suivante :

$$\frac{H}{\pi f} \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_m - P_e = P_0 - P_e \quad (3.2)$$

Avec H : constante d'inertie

P_m la puissance mécanique de la turbine $P_m = P_0$;

P_e la puissance électrique du générateur, $P_e = 0$ durant le court-circuit ce qui donne :

$$\frac{H}{\pi f} \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_0 \Rightarrow \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_0 \frac{\pi f}{H} \Rightarrow \frac{d\delta}{dt} = P_0 \frac{\pi f}{H} t$$

Donc :

$$\delta = \frac{1}{2} P_0 \frac{\pi f}{H} t^2 + \delta_0$$

Ce qui donne :

$$t = \sqrt{\frac{2H}{\pi f P} (\delta - \delta_0)} \quad (3.3)$$

Application numérique :

Pour $\delta = \delta_{déb}$, alors $t = t_{déb}$, ce qui donne :

Temps de débranchement $t_{déb} = 0.251$ sec.

- Pour le cas du court-circuit triphasé au milieu de la 2^{ème} ligne, les caractéristiques de puissances sont représentées par la figure III.12 ci-dessous, où on a utilisé les données du réseau suivantes :

$P_0 = 0.8$ puissance électrique délivrée par le générateur avant le défaut,

$E = 1.17$ f.e.m du générateur,

$V = 1$ tension du jeu de barre infini,

$X_1 = 0.65$ réactance sommaire avant défaut,

$X_2 = 1.8$ réactance de liaison durant le défaut,

$X_3 = 0.8$ réactance de liaison après débranchement de la ligne en défaut,

$H = 5$ constante d'inertie,

$f = 50$ Hz fréquence du réseau,

$\Delta t = 0.01s$ pas de variation du temps,

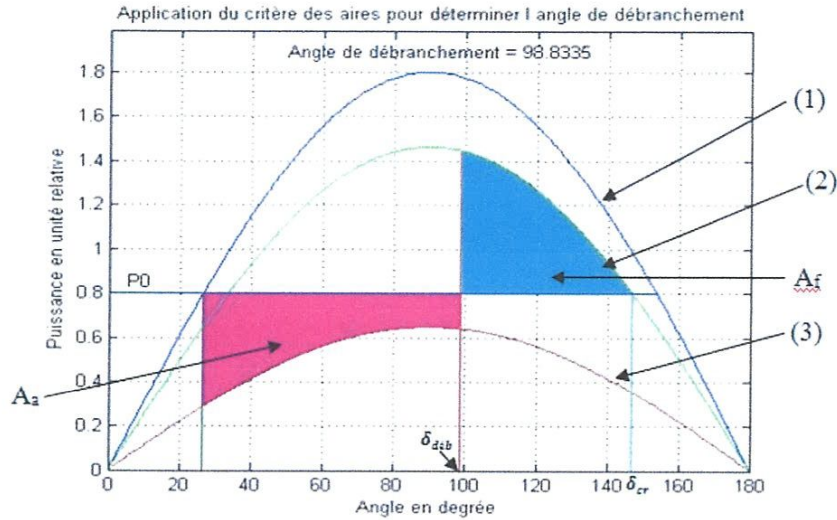


Figure III.12 : Caractéristiques de puissances (cas du court-circuit au milieu de la ligne).

- (1) Régime Normal
- (2) Régime après avarie
- (3) Régime d'avarie

Temps de débranchement :

Avec un programme écrit en matlab [3], on a tracé la variation de l'angle δ en fonction du temps (Figure III.13) et à partir de cette courbe on a déterminé le temps limite de débranchement

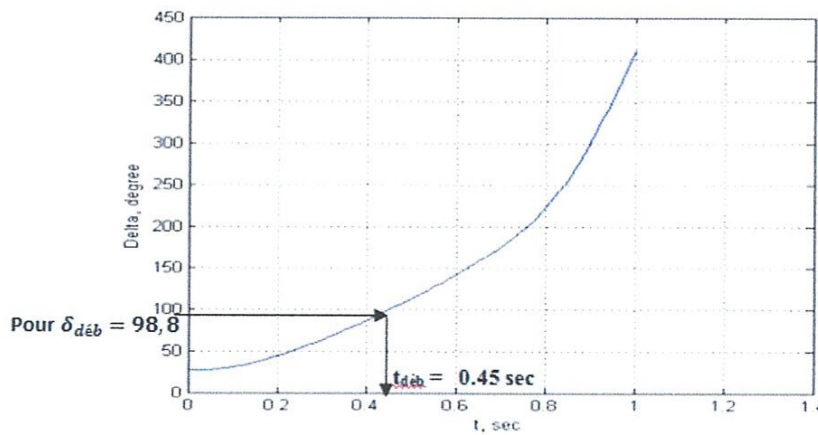


Figure III.13 : Détermination du temps de débranchement à partir de la courbe de variation de l'angle δ .

Variation de l'angle δ pour un temps de débranchement donné :

1- Pour $t_{déb} = 0.4s$:

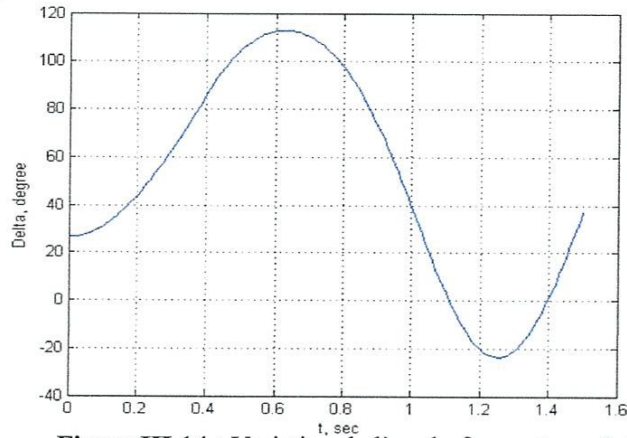


Figure III.14 : Variation de l'angle δ pour $t_{déb} = 0.4s$.

2- Pour $t_{déb} = 0.44s$:

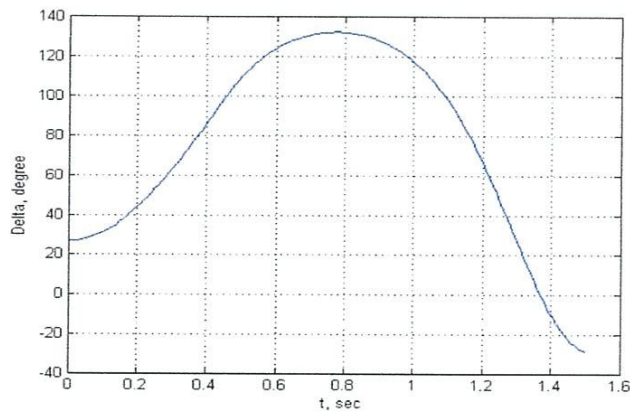


Figure III.15 : Variation de l'angle δ pour $t_{déb} = 0.44s$.

3- Pour $t_{déb} = 0.45s$:

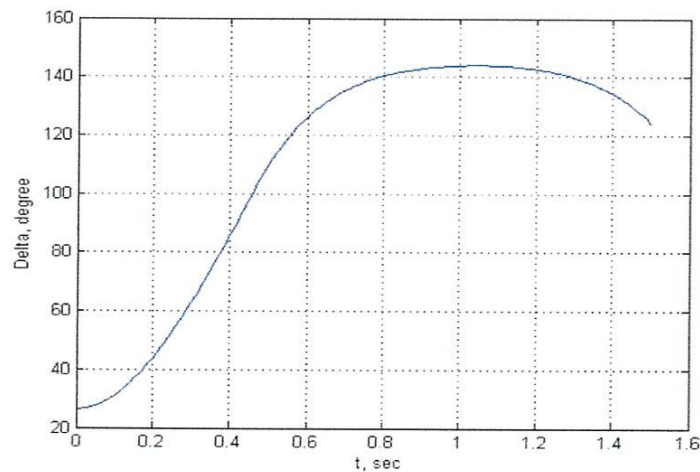


Figure III.16 : Variation de l'angle δ pour $t_{déb} = 0.45s$.

4- Pour $t_{deb} = 0.46s$:

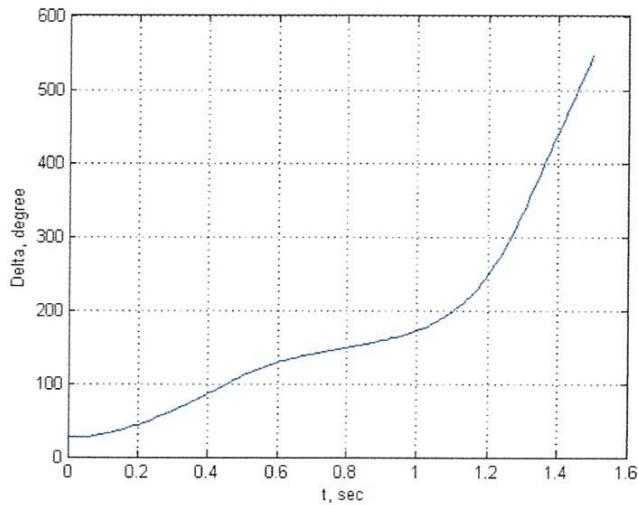


Figure III.17 : Variation de l'angle δ pour $t_{deb} = 0.46s$.

5- Pour $t_{deb} = 0.50s$:

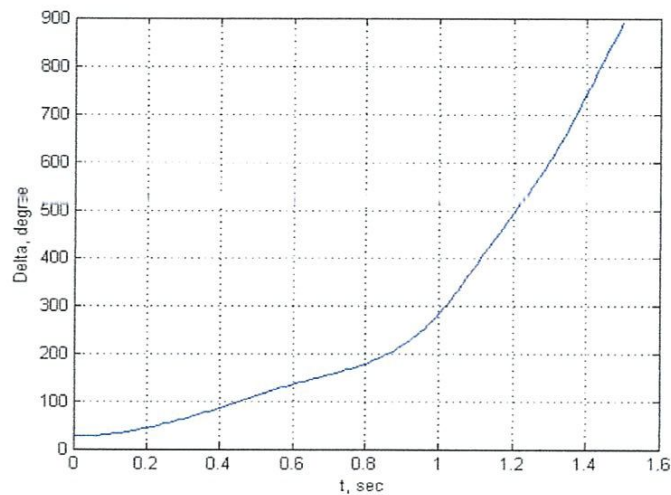


Figure III.18 : Variation de l'angle δ pour $t_{deb} = 0.50 s$.

III.6. Conclusion :

D'après les courbes de variations de l'angle δ en fonction du temps et pour un temps de débranchement donné, on voit que pour les temps de débranchement inférieur ou égal au temps limite de débranchement ($t_{deb} = 0.45s$), le système est stable, et pour un temps de débranchement supérieur au temps limite le système est instable.

Donc on conclut que le temps de débranchement des défauts est un paramètre très important dans l'analyse et l'exploitation des réseaux électriques (choix des moyens de protection tel que les disjoncteurs).

CONCLUSION

Conclusion

Le travail du mémoire qu'on a fait est divisé en deux parties :

Dans la première partie, on a vu comment à partir des données des charges (puissances et distances) choisir un schéma d'alimentation assurant la continuité de fourniture de l'énergie électrique, ce schéma est choisi après une étude technico-économique de trois variantes.

Dans la 2^{ème} partie du travail, on a fait une étude sur la stabilité dynamique. Le problème d'instabilité dynamique peut être favorisé par plusieurs paramètres à savoir :

- Variations brusques de la charge (saut de charge) ;
- Débranchement inattendu d'une ligne ou d'un transformateur ;
- Débranchement d'une génératrice ;
- Courts-circuits.

Les plus dures de ces perturbations sont les courts circuits (la tension est nulle au point de court-circuit triphasé).

Le degré d'effet du court-circuit sur la stabilité dynamique est évalué par la chute de tension dans le point de défaut. Plus la tension dans le point de défaut diminue plus la sortie du synchronisme est probable. Ceci fait que la stabilité dynamique est particulièrement étudiée dans le cas des courts-circuits triphasés.

Parmi les paramètres caractéristiques de la stabilité dynamique, on distingue :
Le coefficient de la marge de stabilité (k_{ms}), l'angle limite de débranchement (δ_{deb}) et le temps de débranchement (t_{deb}).

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUE

Références bibliographique

- [1] : Yvon Bésanger « **vers l'amélioration de la sécurité des réseaux électriques de puissance** » Habilitation à Diriger des Recherches de l'Institut National Polytechnique de Grenoble/ Laboratoire d'Electrotechnique de Grenoble UMR 5529 INPG/UJF-CNRS04/ DECEMBRE 2006.
- [2] : Thèse de Doctorat en Génie Electrique de Eskandar GHOLIPOUR SHAHRAKI, « **Apport de l'UPFC à l'amélioration de la stabilité transitoire des réseaux électriques** »
Université Henri Poincaré, Nancy-I, Soutenue publiquement le 13 Octobre 2003
- [3] : TP Régime Transitoire des Réseaux Electriques. Master 2.
- [4] : Modern power système analyse I.J.Nagrath
D.P.Khotari
- [5] : Cahier de cour « régime transitoire » (Boudfel Amar)
- [6] : Cahier de cour « transport de l'énergie » (Kamel Bounaya)
- [7] : « élaboration d'un réseau électrique et calcul decourant de court circuit »mémoire de fin d'étude
- [8] : « Analyse de stabiité dynamique des système électro-énergitique » mémoire de fin d'étude .
- [9] : « Etude et choix d'un réseau bouclé220 Kv » mémoire de fin d'étude.
- [10] : « Etude de la stabilité dynamique des machines snchrones ».