

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR-ANNABA  
BADJI MOKHTAR- ANNABAUNIVERSITY



جامعة باجي مختار - عنابة

Faculté : TECHNOLOGIE

Département : ELECTROTECHNIQUE

Domaine : SCIENCES ET

TECHNOLOGIES

Filière ELECTROTECHNIQUE

Spécialité : RESEAUX ELECTRIQUE

## Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème:

**Etude d'un réseau électrique haute tension**

Présenté par : Haneche mouna – Khezghi ikram

Encadrant : Mesbah Tarek

Grade : Professeur

Université : BADJI MOKHTAR ANNABA

### Jury de Soutenance :

Hamed mostefa	Maitre de Conférence B	Université Annaba	Président
Mesbah Tarek	Professeur	Université Annaba	Encadrant
NAIDJI Morad	Maitre de Conférence B	Université Annaba	Examinateur

Année Universitaire : 2024/2025

# **Remerciement**

Avant toute chose, on rend grâce à ALLAH, pour nous avoir accordé la force, la patience et la persévérance tout au long de parcours. Sans sa volonté, rien n'aurait été possible.

On tient à exprimer nos profonds remerciements à notre encadrant le professeur **MESBAH TAREK**, pour son Accompagnement précieux, sa disponibilité constante et ses conseils avisés. Sa compréhension et ses encouragements ont été d'un grand soutien dans l'accomplissement de ce travail.

Un grand merci également aux membres du jury d'avoir accepté de juger ce travail.

Enfin, je remercie chaleureusement notre famille, nos amis pour leur soutien moral,  
et leur aide tout au long de ce parcours académique.

# Dédicace

Je remercie dieu le tout puissant de m'avoir donné la santé et la volante  
d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord je tiens à remercier mon encadrant Le professeur monsieur  
**T.MESBAH**, qui m'a insisté de faire ce choix de recherche et pour  
m'avoir suivis et conseillés non seulement tous au long de la réalisation  
du ce travail mais aussi au long de mes deux ans de master

Par amour, par fierté, je dédie ma réussite

A moi-même je suis fière de toi, malgré tous les bas t'as tous traversé  
pour réussir ton rêve

A la seule personne qui sera toujours ma mère et mon amie, de fond de  
mon cœur je t'aime et j'apprécie tout ce que tu as toujours fait pour moi,  
je ne peux pas te remercier assez, ce que tu as traversé pour m'élever sera  
toujours présent à l'esprit, j'espère que Dieu me donnera la capacité de te  
redonner un peu inchallah .

A mon papa adoré, qui me traite toujours comme une petite, je te  
remercie de m'avoir donné tant d'amour, de confiance, d'avoir toujours  
cru en moi, je t'adore.

A les plus chères tentes, Sabrina, Wafa, Moufida, Lamia, Ines, Ghania,  
merci d'être toujours à mes cotés dans le pire avant le bien, vous n'êtes  
pas seulement mes tentes vous êtes mes sœurs, mes confidentes.

à Papi « Mounir » l'oncle, le père, j'ai de la chance quand tu me traite  
depuis mon enfance jusqu'au présent comme ta fille merci énormément  
je t'aime de plus profond de mon cœur.

A mes chers oncles Didou, Hamid, les mecs sur qui je pourrais compté je  
suis chanceuse d'avoir des oncles pareils, vous êtes ma fierté.

A mes cousines, Anfel, sadja, je vous souhaite que de réussite

A mes deux grands cousins Achref, Michou mon bras droit

A mes cousins Abdou, Ayhem je vous aime

A mes petits, Islem , Dana, Dani vous êtes mon sourire

A mes vraies chères copines que dieu vous gardé à moi.

Haneche mouna

# *Dédicace*

Tout d'abord je tiens à remercier mon encadrant Le professeur monsieur **T.MESBAH** , qui m'a insisté de faire ce choix de recherche et pour m'avoir suivis et conseillés tous au long de la réalisation du ce travail.

Avec joie, fière et respecte, je dédie ce mémoire :  
A mon très cher père, tu as toujours été a mes côtés pour me soutenir et m'encourage

A ma chère maman qui a toujours été la pour moi (je t'aime)  
A ma chère sœur qui je lui souhaite de réussir

A mon petit frère qui je lui souhaite un prompt rétablissement

A mon très cher grand frère

A mon soutien moral et source de joie et de bonheur, l'homme de ma vie, mon fiancé pour l'encouragement et l'aide qu'ils toujours me réservent

A mes amies, en souvenir de nos éclats de rire des bons moments, en souvenir de tout ce qu'on a vécu ensemble .

*Kheziki Ikram*

## SOMMAIRE

Résumé ..... 1

Introduction générale ..... 2

### **CHAPITRE 01 : GENERALITE SUR LES RESEAUX ELECTRIQUES**

**1/ Introduction** ..... 3

**2/Structures générales de réseaux électriques** ..... 3

2/1- La production ..... 3

• Les centrales électriques ..... 3

    Les centrales thermiques classiques ..... 4

    Les centrales nucléaires ..... 4

    Les centrales éoliennes (aérogénérateurs) ..... 5

    Les centrales photovoltaïques ..... 6

    Les centrales hydroélectriques ..... 7

• Les postes électriques ..... 7

    Postes de sortie de centrale ..... 7

    Postes d'interconnexion ..... 7

    Postes élévateurs ..... 7

    Postes de distribution ..... 7

• Les différents éléments du poste ..... 7

    Transformateur de puissance ..... 8

    Transformateur de tension (TT) ..... 8

    Transformateur de courant (TI) ..... 8

    Disjoncteur à haute tension ..... 8

    Le sectionneur ..... 9

    Les jeux de barres ..... 9

L'isolateur .....	10
Les supports(pylônes) .....	10
L'éclateur.....	10
Les câbles électriques .....	11
Les câbles de garde .....	11
Un paratonnerre .....	11
Le parafoudre .....	12
<b>2/2-Le transport .....</b>	<b>12</b>
<b>2/3-la répartition.....</b>	<b>12</b>
<b>2/4-La distribution .....</b>	<b>12</b>
A/Le réseau de distribution haute tension (HT) .....	12
B/Le réseau de distribution BT .....	12
<b>3/Les classification des tensions du réseaux électriques .....</b>	<b>13</b>
3.1/ Très Basse tension (TBT) .....	13
3.2 /Basse tension (BT).....	13
3.2.1 /BTA (Basse Tension A) .....	13
3.2.2 /BTB (Basse Tension B) .....	13
3.3 / Moyenne Tension (HTA) .....	13
3.4 / Très Haute tension (THT).....	13
<b>4/Les topologies des réseaux électriques .....</b>	<b>14</b>
4/1-Réseau maillé .....	14
4/2-Réseau bouclé .....	15
4/3-Réseau radial.....	15
4/4-Réseau arborescent .....	15
<b>5/Injection des énergies renouvelables .....</b>	<b>16</b>
5/1-1-L'énergie solaire .....	16
Les avantages .....	16
Les inconvénients .....	16

5/1-2-L'énergie éolienne .....	17
Principe de fonctionnement .....	17
Types d'éoliennes .....	17
Les avantages .....	17
Inconvénients .....	17
<b>8/Conclusion .....</b>	<b>18</b>

## **CHAPITRE 02 : DIMENSIONNEMENT DES LIGNES**

<b>1/ Description du réseau à étudier .....</b>	<b>19</b>
<b>2/ Transite des puissances dans les lignes .....</b>	<b>20</b>
<b>3/Calcul des puissances des lignes .....</b>	<b>21</b>
Les équations des mailles .....	21
Les équations des nœuds .....	21
La matrice .....	21
Code Matlab et résultat des tensions .....	22
Les puissances des lignes .....	23
<b>4/Calcul Des courants des lignes.....</b>	<b>23</b>
<b>5/ Régime après avarie .....</b>	<b>25</b>
<b>Cas 01 : Coupure de la ligne L3 .....</b>	<b>25</b>
5.1/ Calcul des puissances d'un réseau bouclé .....	25
5.1.2/Calcul Des courants des lignes .....	26
<b>Cas 02 : Coupure de la ligne L4 .....</b>	<b>28</b>
5.2/Calcul des puissances d'un réseau bouclé .....	29
5.2.2/ Calcul Des courants des lignes .....	29
<b>Cas 03 : Coupure de la ligne L1 .....</b>	<b>30</b>
5.3/Calcul des puissances .....	31
5.3.2/ Calcul Des courants des lignes.....	31

<b>6/ Détermination des courants admissibles de ce réseau .....</b>	32
<b>7/calculs des impédances des lignes .....</b>	33
<b>8/Conclusion .....</b>	33

## **CHAPITRE 03 : ETUDE DU REGIME ACTUEL PAR SIMULATION POWERWORLD ET PROGRAMMATION MATLAB**

<b>1/ Description du réseau.....</b>	34
<b>2/Calcul des puissances capacitives des lignes (<math>\Delta QT_{li}</math>).....</b>	34
<b>3/Présentation du logiciel powerworld .....</b>	35
3/1-Introduction .....	35
3/2-Fonctionnalités principales .....	35
3/3-Applications .....	35
3/4-Avantages .....	35
Réalisation du réseau en powerworld.....	36
<b>4/Les méthodes de calculs de valeurs de tensions .....</b>	37
4/1-Méthode 01 : Par le PowerWorld .....	37
4/1-1-Les tensions .....	37
4/1-2-Les écarts relatifs en (%) des tensions.....	38
4/2-Méthode 02 : Par un code Matlab (Gauss-Seidel) .....	39
4/2-1-Les tensions .....	40
4/2-2-Les modules des tensions .....	40
4/2-3-Les écarts relatifs en (%) des tensions.....	40
<b>5/- Etude du régime de court-circuit du réseau actuel .....</b>	41
5/1- Court-circuit au niveau du nœud 1 .....	41
5/1- 2- Résultats de C-C au niveau du nœud 1 .....	41
5/ 1-3- Les courants des lignes de C-C du nœud 1 .....	42
5/ 2- Court-circuit au niveau du nœud 2 .....	42

5/ 2-2-Résultats de C-C au niveau du nœud 2 .....	43
5/ 2-3- Les courants des lignes de C-C du nœud 2 .....	43
5/3- Court-circuit au niveau du nœud 3 : .....	44
5/3-2- Résultats de C-C au niveau du nœud 2 .....	44
5/ 3- 3-Les courants des lignes de C-C du nœud 3 .....	45
5/4- Court-circuit au niveau du nœud 4 .....	45
5/4-2- Résultats de C-C au niveau du nœud 4 .....	46
5/4-3-Les courants des lignes de C-C du nœud 4.....	46
<b>6/-Résumés des résultats des courants des lignes de C-C des nœuds [KA] .....</b>	<b>47</b>
<b>7/- Les valeurs des courants minimaux et maximaux des lignes de C-C des nœuds [KA] .....</b>	<b>47</b>
<b>8/-Conclusion .....</b>	<b>48</b>

## **CHAPITRE 04 : ETUDE DU REGIME APRES AVARIE**

<b>1/Définition d'un régime après avarie.....</b>	<b>49</b>
<b>2/1-Régime après avarie lors de la coupure de la ligne 3 .....</b>	<b>49</b>
2/1-1-Par calcul .....	49
2/1-1-1 -Description du réseau lors de l'injection des ( $\Delta QT_{li}$ ) .....	49
2/1-1-2 -Les charges.....	49
2/1-1-3- Les puissances de transites des lignes .....	50
2/1-1-4 -Les tensions.....	50
2/1-1-5 -Les modules de tensions.....	50
2/1-1-6 -Les écarts de tensions .....	51
2/1-2 -Par le PowerWorld.....	51
2/1-2-1-Réalisation du réseau .....	51
2/1-2-2 -Les tensions .....	51
2/1-2-3-Les écarts de tensions .....	51

<b>3/1- Régime après avarie lors de la coupure de la ligne 1 .....</b>	52
3/1-1-Par calcule .....	52
3/1-1-1-Description du réseau lors de l'injection des ( $\Delta QTli$ ) .....	52
3/1-1-2-Les charges .....	53
3/1-1-3-Les puissances de transites des lignes .....	53
3/1-1-4-Les tensions.....	53
3/1-1-5-Les modules de tensions .....	53
3/1-1-6-Les écarts de tensions .....	54
3/1-2-Par le PowerWorld .....	54
3/1-2-1-Réalisation du réseau .....	54
3/1-2-2-Les tensions .....	54
3/1-2-6 -Les écarts de tensions .....	54
<b>4/1-Régime après avarie lors de la coupure de la ligne 4 .....</b>	55
4/1-1- Par calcule .....	55
4/1-1-1Description du réseau lors de l'injection des ( $\Delta QTli$ ) .....	55
4/1-1-2- Les charges.....	56
4/1-1-3 -Les puissances de transites des lignes .....	56
4/1-1-4 -Les tensions.....	56
4/1-1-5 -Les modules de tensions.....	56
4/1-1-6 -Les écarts de tensions .....	57
4/1-2 -Par le PowerWorld .....	57
4/1-2-1-Réalisation du réseau.....	57
4/1-2-2-Les tensions.....	57
4/1-2-3-Les écarts de tensions .....	57
<b>5/1-Résolution du problème.....</b>	58
5/1-1-réalisation du réseau +5% lors de coupure de la ligne 3 .....	58
5/1-2-Les tensions .....	59
5/1-3- Les écarts de tensions .....	59

5/1-4- Disposition de la tension dans le réseau .....	59
5/2-1- réalisation du réseau +5% lors de coupure de la ligne 1 .....	60
5/2-1-Les tensions .....	60
5/2-3- Les écarts de tensions .....	60
5/2-4- Disposition de la tension dans le réseau.....	61
5/3-1- réalisation du réseau +5% lors de coupure de la ligne 4 .....	61
5/3-2- Les tensions .....	62
5/3-3-Les écarts de tensions .....	62
5/3-4- Disposition de la tension dans le réseau.....	62
<b>6/Injection des énergies renouvelables .....</b>	<b>63</b>
6/-1-Injection d'énergie renouvelable lors de coupure de ligne 3 .....	63
6/-1-1-A-Variante 1 .....	63
6/-1-B-Variante 2 .....	64
6/-1-C-Variante 3.....	65
6/-1-2-Choix de variante .....	66
6/-2-Injection d'énergie renouvelable lors de coupure de ligne 1 .....	67
6/-2-1-A-Variante 1 .....	67
6/-2-B-Variante 2 .....	68
6/-2-C-Variante 3.....	69
6/-2-2-Choix de variante .....	70
6/-3-Injection d'énergie renouvelable lors de coupure de ligne 1 .....	71
6/-3-1-A-Variante 1 .....	71
6/-3-B-Variante 2 .....	72
6/-3-C-Variante 3.....	73
6/-3-2-Choix de variante .....	74
<b>7/ Régime de court-circuit .....</b>	<b>75</b>
<b>7/- 1- Court-circuit lors de coupure de ligne 3 du régime après avarie .....</b>	<b>75</b>
<b>7/ 1- Court-circuit au niveau du nœud 1 .....</b>	<b>75</b>

7/1-2- Résultats de C-C au niveau du nœud 1 .....	75
7/1- 3- Les courants des lignes de C-C du nœud 1 .....	76
<b>7/ 2- Court-circuit au niveau du nœud 2 .....</b>	<b>76</b>
7/2- 2-Résultats de C-C au niveau du nœud 2 .....	77
7/ 2-3- Les courants des lignes de C-C du nœud 2 .....	77
<b>7/3- Court-circuit au niveau du nœud 3 .....</b>	<b>78</b>
7/3-2 Résultats de C-C au niveau du nœud 3 .....	78
7/3-3 Les courants des lignes de C-C du nœud 3 .....	79
<b>7/4- Court-circuit au niveau du nœud 4 .....</b>	<b>79</b>
7/4-2- Résultats de C-C au niveau du nœud 4 .....	80
7/4-3-Les courants des lignes de C-C du nœud 4.....	80
<b>7/5-Résumés des résultats des courants des lignes de C-C des nœuds [KA] .....</b>	<b>81</b>
<b>7/6- Les valeurs des courants minimaux et maximaux des lignes de C-C des nœuds [KA] .....</b>	<b>81</b>
<b>8/- 1- Court-circuit lors de coupure de ligne 1 du régime après avarie .....</b>	<b>82</b>
<b>8/ 1- Court-circuit au niveau du nœud 1 .....</b>	<b>82</b>
8/1-2- Résultats de C-C au niveau du nœud 1 .....	82
7/1- 3- Les courants des lignes de C-C du nœud 1 .....	83
<b>8/ 2- Court-circuit au niveau du nœud 2 .....</b>	<b>83</b>
8/2- 2-Résultats de C-C au niveau du nœud 2 .....	84
8/ 2-3- Les courants des lignes de C-C du nœud 2 .....	84
<b>8/3- Court-circuit au niveau du nœud 3 .....</b>	<b>85</b>
8/3-2 Résultats de C-C au niveau du nœud 3 .....	85
8/3-3 Les courants des lignes de C-C du nœud 3 .....	86
<b>8/4- Court-circuit au niveau du nœud 4 .....</b>	<b>86</b>
8/4-2- Résultats de C-C au niveau du nœud 4 .....	87
8/4-3-Les courants des lignes de C-C du nœud 4.....	87
<b>8/5-Résumés des résultats des courants des lignes de C-C des nœuds [KA] .....</b>	<b>88</b>

<b>8/6- Les valeurs des courants minimaux et maximaux des lignes de C-C</b>	
des noeuds [KA] .....	88
<b>9/- 1- Court-circuit lors de coupure de ligne 4du régime après avarie</b> .....	89
<b>9/ 1- Court-circuit au niveau du noeud 1</b> .....	89
9/1-2- Résultats de C-C au niveau du noeud 1 .....	89
9/1- 3- Les courants des lignes de C-C du noeud 1 .....	90
<b>9/ 2- Court-circuit au niveau du noeud 2</b> .....	90
9/2- 2-Résultats de C-C au niveau du noeud 2 .....	91
9/ 2-3- Les courants des lignes de C-C du noeud 2 .....	91
<b>9/3- Court-circuit au niveau du noeud 3</b> .....	92
9/3-2 Résultats de C-C au niveau du noeud 3 .....	92
7/3-3 Les courants des lignes de C-C du noeud 3 .....	93
<b>9/4- Court-circuit au niveau du noeud 4</b> .....	93
9/4-2- Résultats de C-C au niveau du noeud 4 .....	94
9/4-3-Les courants des lignes de C-C du noeud 4.....	94
<b>9/5-Résumés des résultats des courants des lignes de C-C des noeuds [KA]</b> .....	95
<b>9/6- Les valeurs des courants minimaux et maximaux des lignes de C-C</b>	
des noeuds [KA] .....	95
<b>10/-Conclusion</b> .....	96

## **CHAPITRE 05 : ETUDE DU REGIME FUTUR**

<b>1/-le régime futur</b> .....	97
<b>2/- Les charges futures</b> .....	97
<b>3/- Réalisation du réseau en régime futur sur le powerworld</b> .....	97
<b>4/- les tensions</b> .....	98
<b>5/-Les écarts relatifs en (%) des tensions : (<math>\pm 10\%</math>)</b> .....	98
<b>6/- Résolution du problème</b> .....	99

6/1-Augmentation de tension .....	99
6/1-2- réalisation du réseau +5% en régime futur .....	99
6/1-3- Les tensions .....	100
6/1-4-Les écarts relatifs en (%) des tensions : ( $\pm 10\%$ ).....	100
6/2-3-Régime futur avec l'injection des énergies renouvelables .....	101
<b>A/1-Cas 01 : Injection d'énergie renouvelable au nœud 1 .....</b>	<b>101</b>
A/2-Les tensions .....	101
A/3-Les écarts relatifs en (%) des tensions .....	101
<b>B/1-Cas 02 : Injection d'énergie renouvelable au nœud 2 .....</b>	<b>102</b>
B/2-Les tensions.....	102
B/3-Les écarts relatifs en (%) des tensions .....	103
<b>C/1-Cas 03 : Injection d'énergie renouvelable au nœud 3 .....</b>	<b>103</b>
C/2-Les tensions.....	104
C/3-Les écarts relatifs en (%) des tensions .....	104
<b>D/1-Cas 04 : Injection d'énergie renouvelable au nœud 1+2.....</b>	<b>105</b>
D/2-Les tensions .....	105
D/3-Les écarts relatifs en (%) des tensions .....	105
<b>E/1-Cas 05 : Injection d'énergie renouvelable au nœud 1+3.....</b>	<b>106</b>
E/2-Les tensions .....	106
E/3-Les écarts relatifs en (%) des tensions .....	106
<b>F/1-Cas 06 : Injection d'énergie renouvelable aux nœuds 3+2 .....</b>	<b>107</b>
F/2-Les tensions .....	107
F/3-Les écarts relatifs en (%) des tensions .....	108
<b>G/1-Cas 07 : Injection d'énergie renouvelable aux nœuds 1+3+2 .....</b>	<b>108</b>
G/2-Les tensions .....	109

G/3-Les écarts relatifs en (%) des tensions .....	109
<b>H/1-Cas 08 : Injection d'énergie renouvelable aux 4 nœuds .....</b>	<b>110</b>
H/2-Les tensions .....	110
H/3-Les écarts relatifs en (%) des tensions .....	110
<b>7/-Résumés des résultats des 8 cas .....</b>	<b>111</b>
<b>8/- Les dépenses d'injection des énergies renouvelables.....</b>	<b>112</b>
<b>9/ Régime de court-circuit .....</b>	<b>114</b>
<b>9- 1/- Court-circuit au niveau du nœud 1 .....</b>	<b>114</b>
9-1- 2/- Résultats de C-C au niveau du nœud 1 .....	114
9-1- 3/- Les courants des lignes de C-C du nœud 1 .....	115
<b>9/2- Court-circuit au niveau du nœud 2 .....</b>	<b>115</b>
9/2-2-Résultats de C-C au niveau du nœud 2 .....	116
9/2-3- Les courants des lignes de C-C du nœud 2 .....	116
<b>9/3- Court-circuit au niveau du nœud 3 .....</b>	<b>117</b>
9/3-2- Résultats de C-C au niveau du nœud 2 .....	117
9/3-3- Les courants des lignes de C-C du nœud 3 .....	118
<b>9/4- Court-circuit au niveau du nœud 4 .....</b>	<b>118</b>
9/4-2- Résultats de C-C au niveau du nœud 4 .....	119
9/4-3-Les courants des lignes de C-C du nœud 4.....	119
<b>9/5-Résumés des résultats des courants des lignes de C-C des nœuds [KA].....</b>	<b>120</b>
<b>9/6- Les valeurs des courants minimaux et maximaux des lignes de C-C des nœuds [KA] .....</b>	<b>120</b>
<b>COCLUSION GENERALE .....</b>	<b>121</b>

## LISTE DE FIGURE

### **CHAPITRE 01 : GENERALITE SUR LES RESEAUX ELECTRIQUES**

Fig.1.1 : structure générale d'un réseau .....	3
Fig.1.2 : une centrale thermique (Skikda) .....	4
Fig.1.3 : schéma explicatif des centrales thermiques .....	4
Fig.1.4 : une centrale nucléaire.....	5
Fig.1.5 : schéma explicatif des centrales nucléaire .....	5
Fig.1.6 : centrale éolienne .....	5
Fig.1.7 : schéma explicatif d'une centrale éolienne.....	6
Fig.1.8 : une centrale solaire de 3200 MW en Algérie .....	6
Fig.1.9 : schéma explicatif d'une centrale solaire .....	6
Fig.1.10 : une centrale hydroélectrique .....	7
Fig.1.11 : schéma explicatif d'une centrale hydroélectrique .....	7
Fig.1.12 : transformateur de puissance .....	8
Fig.1.13 : transformateur de tension .....	8
Fig.1.14 : transformateur de courant .....	8
Fig.1.15 : Disjoncteur à haute tension .....	9
Fig.1.16 : Le sectionneur.....	9
Fig.1.17 : Les jeux de barres .....	9
Fig.1.18 : L'isolateur .....	10
Fig.1.19 : Les supports (pylônes).....	10
Fig.1.20 : L'éclateur.....	10
Fig.1.21 : Les câbles électriques .....	11
Fig.1.22 : Les câbles de garde .....	11
Fig.1.23 : un paratonnerre .....	11

Fig.1.24 : le parafoudre.....	12
Fig.1.25 : schéma unifilaire d'un réseau .....	14
Fig.1.26 : Réseau maillé .....	14
Fig.1.27 : Réseau bouclé .....	15
Fig.1.28 : Réseau radial .....	15
Fig.1.29 : Réseau arborescent .....	15
Fig.1.30 : Les panneaux solaires .....	15
Fig.1.31 : Enjeux d'énergie éolienne .....	15

## **CHAPITRE 02 : DIMENSIONNEMENT DES LIGNES**

Fig.2.1 : Le Matlab des tensions .....	20
Fig.2.2 : Résultat des tensions par le Matlab .....	20

## **CHAPITRE 03 : ETUDE DU REGIME ACTUEL PAR SIMULATION POWERWORLD ET PROGRAMMATION MATLAB**

Fig.3.1 : Réalisation du réseau en Power World .....	36
Fig.3.2 : Les tensions des nœuds du régime normal sur le Power World.....	37
Fig.3.3 : Tableau des tensions du powerworld .....	38
Fig.3.4 : programmation MATLAB .....	39
Fig.3.5 : Choix du type de court-circuit en powerworld.....	41
Fig.3.6 : Réalisation du C-C au niveau du nœud 1 .....	41
Fig.3.7 : Résultats de C-C au niveau du nœud 1 [A] .....	41
Fig.3.8 : $I_{\text{source}}$ de C-C au niveau du nœud 1 [A].....	42
Fig.3.9 : Réalisation du C-C au niveau du nœud 2.....	42
Fig.3.10 : Résultats de C-C au niveau du nœud 2 [A].....	43
Fig.3.11 : $I_{\text{source}}$ de C-C au niveau du nœud 2 [A] .....	43

Fig.3.12 : Réalisation du C-C au niveau du nœud 3 .....	44
Fig.3.13 : Résultats de C-C au niveau du nœud 3 [A].....	44
Fig.3.14 : $I_{\text{source}}$ de C-C au niveau du nœud 3 [A] .....	44
Fig.3.15 : Réalisation du C-C au niveau du nœud 4 .....	45
Fig.3.16 : Résultats de C-C au niveau du nœud 4 [A].....	46
Fig.3.17 : $I_{\text{source}}$ de C-C au niveau du nœud 4 [A] .....	46

## **CHAPITRE 04 : ETUDE DU REGIME APRES AVARIE**

Fig.4.1 : Réalisation du réseau lors de coupure de la ligne 3 .....	51
Fig.4.2 : Tableau des tensions lors de coupure de la ligne 3 .....	52
Fig.4.3 : Réalisation du réseau lors de coupure de la ligne 1 .....	54
Fig.4.4 : Tableau des tensions lors de coupure de la ligne 1 .....	55
Fig.4.5 : Réalisation du réseau lors de coupure de la ligne 4 .....	57
Fig.4.6 : Tableau des tensions lors de coupure de la ligne 4 .....	58
Fig.4.7 : Réalisation du réseau avec $U_s +5\%$ lors de coupure de la ligne 3 .....	58
Fig.4.8 : Tableau des tensions avec $U_s +5\%$ lors de coupure de la ligne 3.....	59
Fig.4.9 : Réalisation du réseau avec $U_s +5\%$ lors de coupure de la ligne 1 .....	60
Fig.4.10 : Tableau des tensions avec $U_s +5\%$ lors de coupure de la ligne 1 .....	60
Fig.4.11 : Réalisation du réseau avec $U_s +5\%$ lors de coupure de la ligne 4 .....	61
Fig.4.12 : Tableau des tensions avec $U_s +5\%$ lors de coupure de la ligne 4 .....	62
Fig.4.13 : injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L3 variante 1 .....	63
Fig.4.14 :tableau de tension après l'injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L3 variante 1 .....	63
Fig.4.15 : injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L3 variante 2 .....	64
Fig.4.16 : tableau de tension après l'injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L3 variante 2 .....	64
Fig.4.17 : injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L3 variante 3 .....	65

Fig.4.18 : tableau de tension après l'injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L3 variante 3 .....	65
Fig.4.19 : injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L1 variante 1 .....	67
Fig.4.20 : tableau de tension après l'injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L1 variante 1 .....	67
Fig.4.21 : injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L1 variante 2 .....	68
Fig.4.22 : tableau de tension après l'injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L1 variante 2 .....	68
Fig.4.23 : injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L1 variante 3 .....	69
Fig.4.24 : tableau de tension après l'injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L1 variante 3 .....	69
Fig.4.25 : injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L4 variante 1 .....	71
Fig.4.26 : tableau de tension après l'injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L4 variante 1 .....	71
Fig.4.27 : injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L4 variante 2 .....	72
Fig.4.28 : tableau de tension après l'injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L4 variante 2 .....	72
Fig.4.29 : injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L4 variante 3 .....	73
Fig.4.30 : tableau de tension après l'injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L4 variante 3 .....	73
Fig.4.31 : Choix du type de court-circuit en powerworld .....	75
Fig.4.32 : Réalisation du C-C au niveau du nœud 1 .....	75
Fig.4.33 : Résultats de C-C au niveau du nœud 1 [A].....	75
Fig.4.34 : I source de C-C au niveau du nœud 1 [A] .....	76
Fig.4.35 : Réalisation du C-C au niveau du nœud 2 .....	76
Fig.4.36 : Résultats de C-C au niveau du nœud 2 [A].....	77
Fig.4.37 : I source de C-C au niveau du nœud 2 [A] .....	77
Fig.4.38 : Réalisation du C-C au niveau du nœud 3 .....	78

Fig.4.39 : Résultats de C-C au niveau du nœud 3 [A].....	78
Fig.4.40 : I source de C-C au niveau du nœud 3 [A] .....	78
Fig.4.41 : Réalisation du C-C au niveau du nœud 4 .....	79
Fig.4.42 : Résultats de C-C au niveau du nœud 4 [A].....	80
Fig.4.43 : I source de C-C au niveau du nœud 4 [A] .....	80
Fig.4.44 : Réalisation du C-C au niveau du nœud 1 .....	82
Fig.4.45 : Résultats de C-C au niveau du nœud 1 [A].....	82
Fig.4.46 : I source de C-C au niveau du nœud 1 [A] .....	82
Fig.4.47 : Réalisation du C-C au niveau du nœud 2 .....	83
Fig.4.48 : Résultats de C-C au niveau du nœud 2 [A].....	84
Fig.4.49 : I source de C-C au niveau du nœud 2 [A] .....	84
Fig.4.50 : Réalisation du C-C au niveau du nœud 3 .....	85
Fig.4.51 : Résultats de C-C au niveau du nœud 3 [A].....	85
Fig.4.52 : I source de C-C au niveau du nœud 3 [A] .....	85
Fig.4.53 : Réalisation du C-C au niveau du nœud 4 .....	86
Fig.4.54 : Résultats de C-C au niveau du nœud 4 [A].....	87
Fig.4.55 : I source de C-C au niveau du nœud 4 [A] .....	87
Fig.4.56 : Réalisation du C-C au niveau du nœud 1 .....	89
Fig.4.57 : Résultats de C-C au niveau du nœud 1 [A].....	89
Fig.4.58 : I source de C-C au niveau du nœud 1 [A] .....	89
Fig.4.59 : Réalisation du C-C au niveau du nœud 2 .....	90
Fig.4.60 : Résultats de C-C au niveau du nœud 2 [A].....	91
Fig.4.61 : I source de C-C au niveau du nœud 2 [A] .....	91
Fig.4.62 : Réalisation du C-C au niveau du nœud 3 .....	92
Fig.4.63 : Résultats de C-C au niveau du nœud 3 [A].....	92
Fig.4.64 : I source de C-C au niveau du nœud 3 [A] .....	92

Fig.4.65 : Réalisation du C-C au niveau du nœud 4 .....	93
Fig.4.66 : Résultats de C-C au niveau du nœud 4 [A].....	94
Fig.4.67 : I source de C-C au niveau du nœud 4 [A] .....	94

## **CHAPITRE 05 : ETUDE DU REGIME FUTUR**

Fig.5.1 : réalisation du réseau en régime futur sur le Power World.....	97
Fig.5.2 : Les tension des nœuds du régime futur sur le Power World.....	98
Fig.5.3 : Tableau des tensions du powerworld .....	99
Fig.5.4 : réalisation du réseau +5% en régime futur .....	99
Fig.5.5 : Tableau du powerworld des tensions du réseau +5% .....	100
Fig.5.6 : Injection d'énergie renouvelable au nœud 1 .....	101
Fig.5.7 : Tableau des tensions d'injection d'énergie renouvelable au nœud 1 .....	102
Fig.5.8 : Injection d'énergie renouvelable aux nœuds 2 .....	102
Fig.5.9 : Tableau des tensions d'injection d'énergie renouvelable aux nœuds 2 .....	103
Fig.5.10 : Injection d'énergie renouvelable aux nœuds 3 .....	103
Fig.5.11 : Tableau des tensions d'injection d'énergie renouvelable aux nœuds 3.....	104
Fig.5.12 : Injection d'énergie renouvelable aux nœuds 1+2 .....	105
Fig.5.13 : Tableau des tensions d'injection d'énergie renouvelable aux nœuds 1+2 .....	105
Fig.5.14 : Injection d'énergie renouvelable aux nœuds 1+3 .....	106
Fig.5.15 : Tableau des tensions d'injection d'énergie renouvelable au nœud 1+3 .....	107
Fig.5.16 : Injection d'énergie renouvelable aux nœuds 3+2 .....	107
Fig.5.17 : Tableau des tensions d'injection d'énergie renouvelable aux nœuds 3+2 .....	108
Fig.5.18 : Injection d'énergie renouvelable aux nœuds 1+2+3 .....	108
Fig.5.19 : Tableau des tensions d'injection d'énergie renouvelable aux nœuds 1+2+3 ..	109
Fig.5.20 : Injection d'énergie renouvelable aux 4 nœuds .....	110
Fig.5.21 : Tableau des tensions d'injection d'énergie renouvelable aux 4 nœuds .....	110

Fig.5.22 : Injection d'énergie solaire aux 4 nœuds.....	113
Fig.5.23 : Choix du type de court-circuit en powerworld .....	114
Fig.5.24 : Réalisation du C-C au niveau du nœud 1 .....	114
Fig.5.25 : Résultats de C-C au niveau du nœud 1 [A].....	114
Fig.5.26 : I source de C-C au niveau du nœud 1 [A] .....	115
Fig.5.27 : Réalisation du C-C au niveau du nœud 2 .....	115
Fig.5.28 : Résultats de C-C au niveau du nœud 2 [A] .....	116
Fig.5.29 : I source de C-C au niveau du nœud 2 [A] .....	116
Fig.5.30 : Réalisation du C-C au niveau du nœud 3 .....	117
Fig.5.31 : Résultats de C-C au niveau du nœud 3 [A].....	117
Fig.5.32 : I source de C-C au niveau du nœud 3 [A] .....	117
Fig.5.33 : Réalisation du C-C au niveau du nœud 4 .....	118
Fig.5.34 : Résultats de C-C au niveau du nœud 4 [A].....	119
Fig.5.35 : I source de C-C au niveau du nœud 4 [A] .....	119

## **LISTE DES TABLEAUX**

### **CHAPITRE 01 : GENERALITE SUR LES RESEAUX ELECTRIQUES**

Tableau.1.1 : Les domaines de tension .....	13
Tableau.1.2 : Les niveaux essentiels de tension en Algérie .....	14

### **CHAPITRE 03 : ETUDE DU REGIME ACTUEL PAR SIMULATION POWERWOERLD ET PROGRAMMATION MATLAB**

Tableau.3.1: Les courants des lignes de C-C du nœud 1 .....	42
Tableau.3.2 : Les courants des lignes de C-C du nœud 2.....	43
Tableau.3.3 : Les courants des lignes de C-C du nœud 3.....	45
Tableau.3.4 : Les courants des lignes de C-C du nœud 4.....	46
Tableau.3.5 : Résumés des Icc des lignes des 4 nœuds .....	47
Tableau.3.6 : les valeurs Imax et Imin des C-C des lignes .....	47

### **CHAPITRE 04 : ETUDE DU REGIME APRES AVARIE**

Tableau.4.1 : Disposition des tensions lors de coupure de la ligne 3 .....	59
Tableau.4.2 : Disposition des tensions lors de coupure de la ligne 1 .....	61
Tableau.4.3 : Disposition des tensions lors de coupure de la ligne 4.....	62
Tableau.4.4 : Les tensions et les calculs des écarts lors de coupure de L3 après l'injection d'énergie .....	66
Tableau.4.5 : Les dépenses d'injection des énergies renouvelables lors de coupure de L3 .....	66

Tableau.4.6 Les tensions et les calculs des écarts lors de coupure de L1 après l'injection d'énergie .....	70
Tableau.4.7 : Les dépenses d'injection des énergies renouvelables lors de coupure de L1 .....	70
Tableau.4.8 : Les tensions et les calculs des écarts lors de coupure de L4 après l'injection d'énergie .....	74
Tableau.4.9 : Les dépenses d'injection des énergies renouvelables lors de coupure de L4 .....	74
Tableau.4.10 : Les courants des lignes de C-C du nœud 1 .....	76
Tableau.4.11 : Les courants des lignes de C-C du nœud 2 .....	77
Tableau.4.12 : Les courants des lignes de C-C du nœud 3 .....	79
Tableau.4.13 : Les courants des lignes de C-C du nœud 4 .....	80
Tableau.4.14 : Résumés des Icc des lignes des 4 nœuds.....	81
Tableau.4.15 : les valeurs Imax et Imin des C-C des lignes .....	81
Tableau.4.16 : Les courants des lignes de C-C du nœud 1 .....	83
Tableau.4.17 : Les courants des lignes de C-C du nœud 2 .....	84
Tableau.4.18 : Les courants des lignes de C-C du nœud 3 .....	86
Tableau.4.19 : Les courants des lignes de C-C du nœud 4 .....	87
Tableau.4.20 : Résumés des Icc des lignes des 4 nœuds.....	88
Tableau.4.21 : les valeurs Imax et Imin des C-C des lignes .....	88
Tableau.4.22 : Les courants des lignes de C-C du nœud 1 .....	90
Tableau.4.23 : Les courants des lignes de C-C du nœud 2 .....	91
Tableau.4.24 : Les courants des lignes de C-C du nœud 3 .....	93
Tableau.4.25 : Les courants des lignes de C-C du nœud 4 .....	94
Tableau.4.26 : Résumés des Icc des lignes des 4 nœuds.....	95
Tableau.4.27 : les valeurs Imax et Imin des C-C des lignes .....	95

## **CHAPITRE 05 : ETUDE DU REGIME FUTUR**

Tableau 5.1 Tableau 5.9 : Résumé des résultats du 8 cas .....	111
Tableau 5.2 : Les D. R .....	112
Tableau 5.3 : Les courants des lignes de C-C du nœud 1.....	115
Tableau 5.4 : Les courants des lignes de C-C du nœud 2.....	116
Tableau 5.5 : Les courants des lignes de C-C du nœud 3.....	118
Tableau 5.6 : Les courants des lignes de C-C du nœud .....	119
Tableau 5.7 : Résumés des Icc des lignes des 4 nœuds .....	120
Tableau 5.8 : les valeurs Imax et Imin des C-C des ligne.....	120

## **Résumé :**

Dans le cadre de ce mémoire, on s'est intéressé à l'analyse et à la simulation d'un réseau électrique de 220 kV en utilisant les logiciels POWERWORLD et MATLAB. L'objectif principal de cette étude est d'évaluer les performances du réseau dans différentes conditions d'exploitation et de proposer des solutions techniques permettant d'améliorer son caractère admissible.

Afin de simuler un scénario réaliste et d'anticiper les besoins futurs, on a intégré une augmentation de 50 % des charges du réseau. Cette hypothèse permet d'analyser l'impact de cette croissance sur la stabilité et l'admissibilité du réseau.

Par ailleurs, on a également étudié l'effet de l'intégration des énergies renouvelables dans le réseau. L'ajout de sources d'énergie renouvelable, telles que le solaire ou l'éolien, a été pris en compte afin d'évaluer leur influence sur la qualité de la tension, la stabilité globale du système, ainsi que sur la capacité du réseau à supporter l'augmentation de la charge.

À travers ces différentes étapes, ce travail vise à fournir une vision claire et argumentée sur la manière dont un réseau de 220 kV peut évoluer pour répondre aux exigences croissantes en matière de fiabilité, de durabilité et d'efficacité énergétique.

## **Introduction générale :**

Les systèmes d'énergie électrique se sont développés avec une grande rapidité au cours de la deuxième partie du XX siècle, elle constitue aujourd'hui le moteur essentiel du développement économique et social à l'échelle mondiale. Un réseau est l'ensemble des composantes requises pour conduire l'Energie Electrique des points de production aux points de consommation et de garantir la qualité et la continuité de l'alimentation des clients en Energie. Cet ensemble comprend des transformateurs, des lignes de transmission, des générateurs, des moteurs, des Eléments de chauffage, des réactances, des condensateurs, des moyens de mesure et de contrôle des protections contre la foudre et les courts-circuits, Etc. Ces réseaux sont structurés en différents niveaux de tension, allant de la basse tension pour la distribution finale jusqu'à la très haute tension pour le transport sur de longues distances.

Les réseaux à haute et très haute tension (HTB), tels que les réseaux 220 kV, jouent un rôle stratégique en assurant l'interconnexion des grandes centrales de production, l'alimentation des zones de forte consommation et l'échange d'énergie entre différentes régions, voire pays. Leur bon fonctionnement est capital pour garantir la stabilité globale du système électrique et minimiser les pertes en ligne.

Cependant, l'exploitation et la planification des réseaux électriques de cette envergure sont confrontées à de nombreux défis. L'accroissement constant de la demande en énergie, l'intégration croissante des énergies renouvelables aux caractéristiques de production variables, le vieillissement de certaines infrastructures et la nécessité d'améliorer l'efficacité énergétique imposent des analyses approfondies et des solutions techniques innovantes.

**Chapitre 01 :**

**Généralité sur les  
réseaux électriques**

## **1/ - Introduction :**

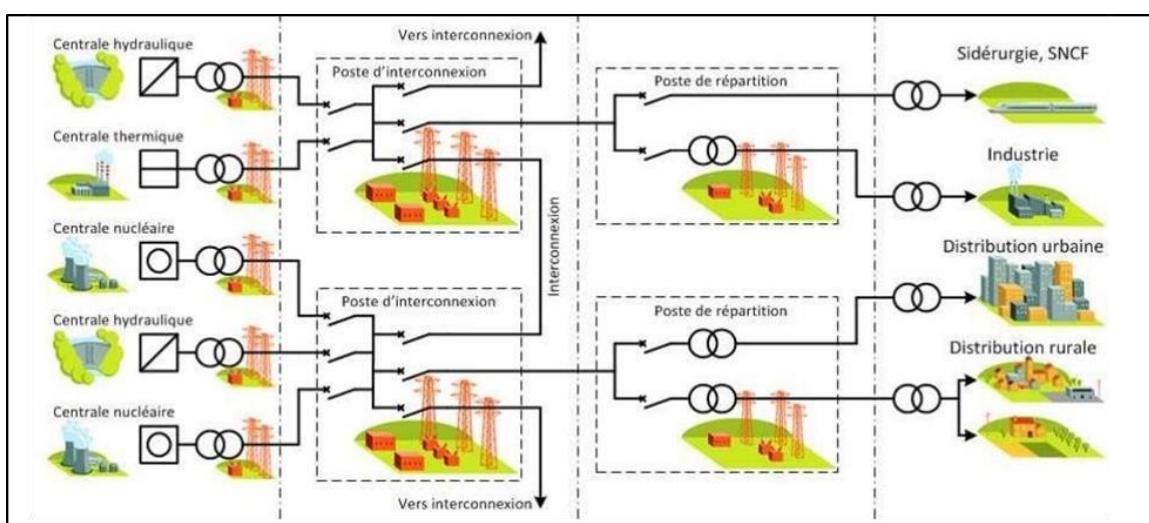
L'énergie électrique est un facteur essentiel pour le développement et l'évolution des Sociétés humaines que ce soit sur le plan de l'amélioration des conditions de vie, ou sur le Développement des activités industrielles. Elle est devenue une forme d'énergie indispensable par sa souplesse d'utilisation et par la multiplicité des domaines d'activités Le système électro- énergétique est un système compliqué qui contient plusieurs éléments qui permettent de transporter l'énergie électrique des centrales vers les consommateurs qui sont loin des abonnées c'est pour cela qu'on la transporte à travers des lignes de haute tension.

Donc le réseau électrique est constitué de 4 grandes parties, de plusieurs postes électriques reliés entre eux par des lignes de connexion de différents niveaux de tensions.

Dans ce chapitre nous allons présenter ces 4 grandes parties de système électro-énergétique accompagné par des généralités essentielles sur le R-E.

## **2/- Structures générales de réseaux électriques :**

Un R-E est composé en 4 grandes parties clés, chacun jouant un rôle crucial dans le transport et la distribution de l'électricité :



**Fig1.1:** structure générale d'un réseau

### **2/1- La production :**

La production d'électricité désigne l'ensemble des processus et des méthodes utilisés pour Convertir différentes formes d'énergie en électricité à partir de plusieurs types de centrales électriques.

Les centrales électriques : une centrale électrique établit une chaîne énergétique afin de fabriquer de l'électricité, une énergie primaire (chimique, nucléaire, mécanique...) subit une ou plusieurs conversions pour devenir finalement une énergie électrique.

Toutes les centrales électriques possèdent un élément commun fondamental l'alternateur qui joue le rôle de convertisseur d'énergie (sauf les centrales photovoltaïques). En effet, il convertit l'énergie mécanique en énergie électrique.

Il existe trois principaux types de centrales électriques :

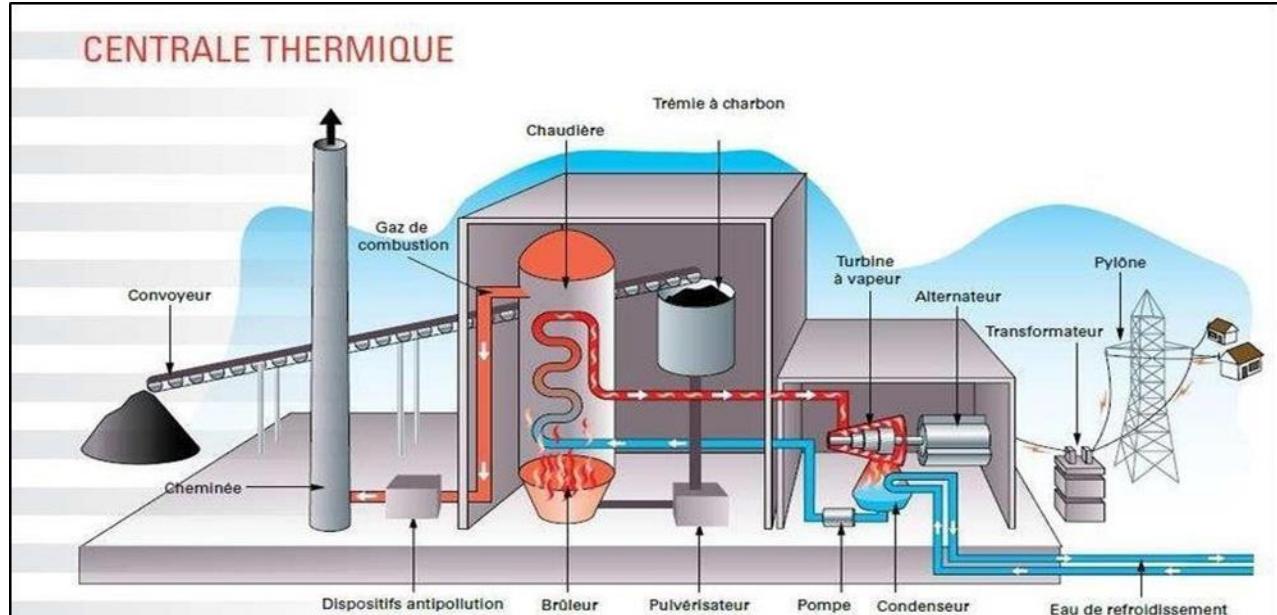
➔ les centrales thermiques classiques : Utilisent des combustibles fossiles (charbon, gaz naturel, pétrole) pour produire de la chaleur, qui génère de la vapeur. Cette vapeur fait tourner des turbines qui entraînent des générateurs.

Avantages : Capacité de produire de grandes quantités d'électricité rapidement, ils sont capables de produire rapidement de l'énergie c'est pour quoi leur rôle principal est de répondre aux augmentations fortes et soudaines de la consommation d'électricité

Inconvénients : Émissions de gaz à effet de serre et dépendance aux combustibles fossiles.



**Fig1.2 :** une centrale thermique (Skikda)

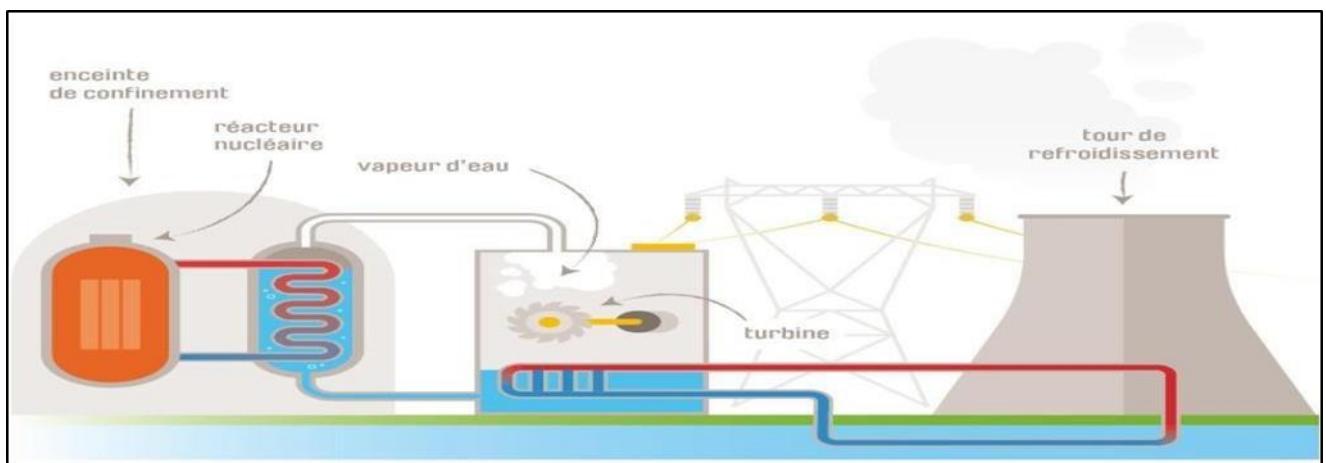


**Fig1.3 :** Schéma explicatif des centrales thermiques

➔ les centrales nucléaires : Utilisent la fission nucléaire pour produire de la chaleur, générant de la vapeur qui fait tourner des turbines. Elles sont identiques à une centrale thermique à vapeur, sauf que la chaudière est remplacée par un réacteur contenant le combustible nucléaire en fission.



**Fig1.4 :** une centrale nucléaire

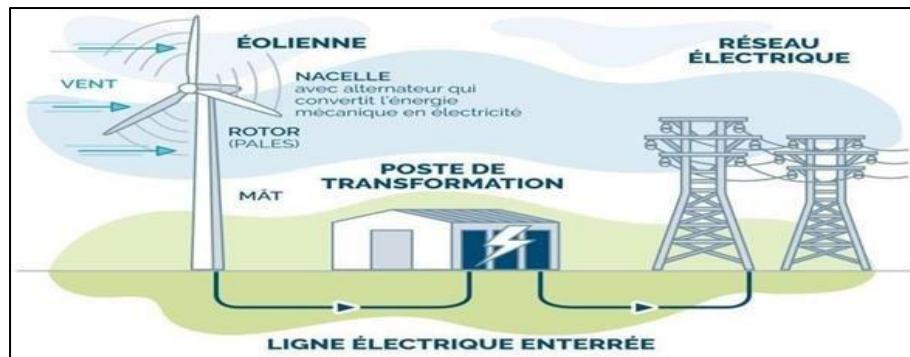


**Fig1.5 :** schéma explicatif des centrales nucléaire

→les centrales éoliennes (aérogénérateurs) : Utilisent des éoliennes pour convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique, laquelle est ensuite transformée en énergie électrique.



**Fig1.6 :** centrale éolienne

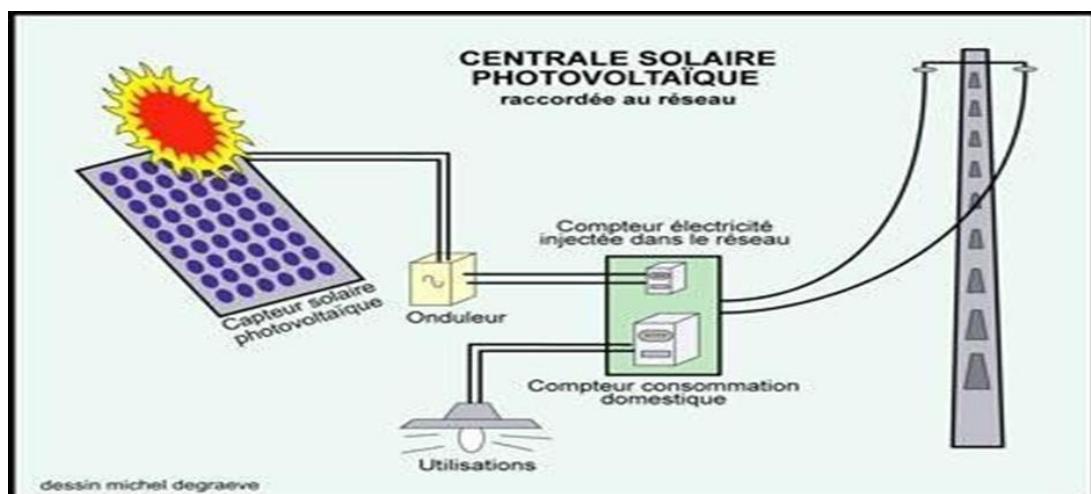


**Fig1.7:** schéma explicatif d'une centrale éolienne

→les centrales photovoltaïques : L'énergie solaire photovoltaïque est une énergie électrique produite à partir du rayonnement solaire. La cellule photovoltaïque est le composant électronique de base. Elle utilise l'effet photoélectrique pour convertir les ondes électromagnétiques émises par le soleil en électricité. Plusieurs cellules reliées entre elles forment un module solaire photovoltaïque. Plusieurs modules regroupés forment une installation solaire.



**Fig1.8:** une centrale solaire de 3200 MW en Algérie

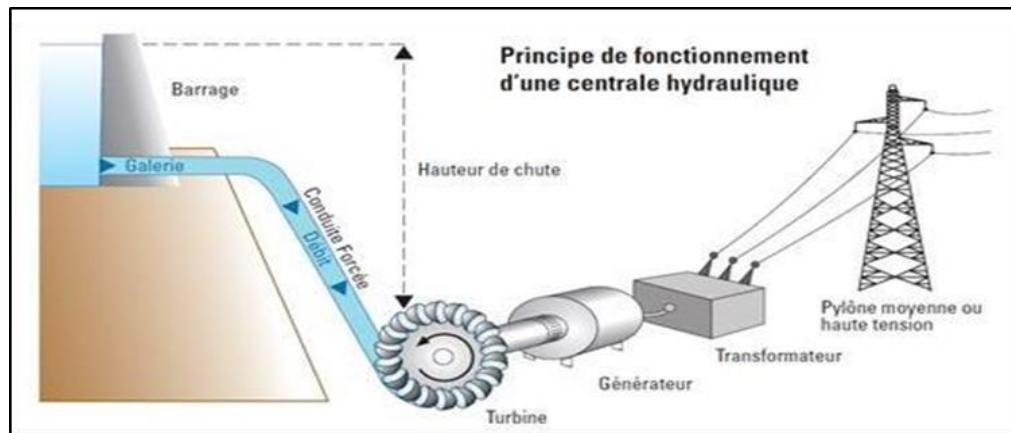


**Fig1.9:** schéma explicatif d'une centrale solaire

→ les centrales hydroélectriques : Exploitent l'énergie cinétique de l'eau en mouvement (rivières, barrages) pour faire tourner des turbines. L'énergie provenant de la chute d'une masse d'eau est tout d'abord transformée dans une turbine hydraulique en énergie mécanique. Cette turbine entraîne un alternateur dans lequel l'énergie mécanique est transformée en énergie électrique.



**Fig1.10:** une centrale hydroélectrique



**Fig1.11:** schéma explicatif d'une centrale hydroélectrique

Les postes électriques : Les postes électriques sont des éléments principaux du réseau électrique, servent à la fois à la transmission et à la distribution d'électricité. Ils permettent d'élever la tension électrique pour sa transmission, trouvent donc aux extrémités des lignes de transmission ou de distribution. On parle généralement de sous-station.

Il existe plusieurs types de postes électriques :

- Postes de sortie de centrale : le but de ces postes est de raccorder une centrale de production de l'énergie au réseau.
- Postes d'interconnexion : le but est d'interconnecter plusieurs lignes électriques HTB,
- Postes élévateurs : le but est de monter le niveau de tension, à l'aide d'un transformateur,
- Postes de distribution : le but est d'abaisser le niveau de tension pour distribuer l'énergie électrique aux clients résidentiels ou industriels.

#### Les différents éléments du poste :

- Transformateur de puissance : est un élément indispensable à l'interconnexion des différents réseaux d'énergie. La première fonction d'un transformateur a été l'élévation de la tension de transport afin de réduire le courant et donc les pertes joules générées dans les lignes



**Fig1.12:** transformateur de puissance

→ Transformateur de tension (TT) : Les transformateurs de tension sont utilisés sur les lignes à haute tension pour alimenter des appareils de mesure (voltmètre, wattmètre, etc.) ou de protection (relais). Ils servent à isoler ces appareils de la haute tension et à les alimenter à des tensions appropriées.



**Fig1.13:** transformateur de tension

→ Transformateur de courant (TI) : L'emploi des transformateurs de courant sur les lignes à haute tension est indispensable pour des raisons de sécurité. Une ligne à 200 kV peut n'être parcourue que par une intensité de 40 A. Ils servent également à isoler les appareils de mesure ou de protection des lignes à haute tension.



**Fig1.14:** transformateur de courant

→ Disjoncteur à haute tension : est l'appareil de protection essentiel d'un réseau à haute tension, il est destiné à établir, supporter et interrompre des courants sous sa tension assignée par exemple pour connecter ou déconnecter une ligne dans un réseau électrique, en particulier pour éliminer un court-circuit dans le réseau provoqué par la foudre ou d'autres causes pour que le matériel connecté sur le réseau soit endommagé par ce court-circuit



**Fig1.15:** Disjoncteur à haute tension

→Le sectionneur : est un appareil électromécanique permettant de séparer un circuit électrique et son alimentation de façon mécanique en but d'assurer la sécurité des personnes travaillant sur la partie isolée du réseau électrique ou bien d'éliminer une partie du réseau en dysfonctionnement pour pouvoir en utiliser les autres parties.



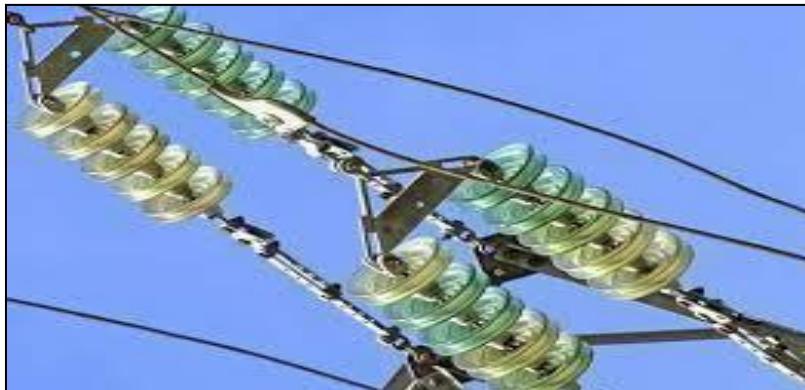
**Fig1.16:** Le sectionneur

→Les jeux de barres : sont généralement des barres plates ou des tubes creux en cuivre ou en aluminium permettent de relier les différentes composantes d'un poste électrique. En haute tension les jeux de barres peuvent être « posés » sur des isolants, dans ce cas se sont des tubes. Ils peuvent être tendus, ils sont flexibles et suspendus par des chaines isolantes a des structures métalliques.



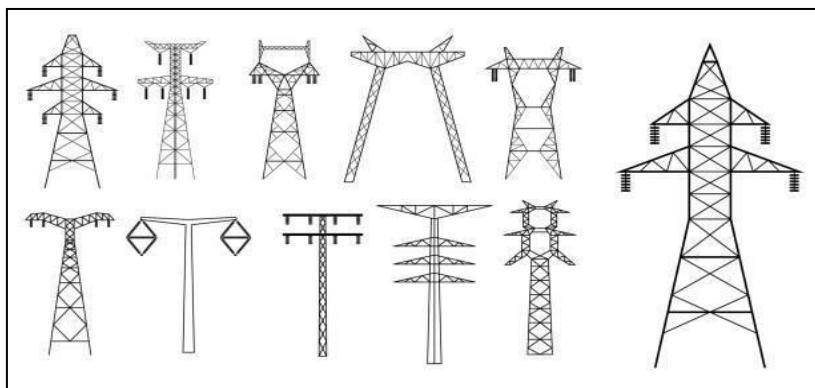
**Fig1.17:** Les jeux de barres

→ L'isolateur : un composant électrotechnique conçu pour fixer, maintenir ou soutenir les conducteurs électriques nus. Soit-il empêché le courant électrique qui circule dans les conducteurs de phase de passer dans les pylônes. Ou bien ils accrochent les conducteurs de phase au pylône.



**Fig1.18:** L'isolateur

→ Les supports (pylônes) : leurs rôles maintenir les câbles à une distance minimale de sécurité du sol et des obstacles environnants, Leur silhouette est caractérisée par la disposition des câbles conducteurs.



**Fig1.19:** Les supports (pylônes)

→ L'éclateur : composé de deux électrodes face-à-face l'une reliée à l'élément à protéger et l'autre à la terre, dans un milieu qui peut être l'air ambiant (éclateur à air), de l'air mais dans un milieu clos (à air encapsulé) ou du gaz (éclateurs à gaz). Ils représentent un point faible pour l'écoulement des surtensions à la terre et protéger ainsi le matériel.



**Fig1.20:** L'éclateur

→les câbles électriques : ils ont rôle d'assurer le transport et la distribution de l'énergie sous deux formes aériennes ou des câbles souterrains qui sont beaucoup plus coûteux et employés dans les zones urbanisées, constitués de fils conducteurs en aluminium ou en cuivre et isolés soit par du papier imprégné d'huile, soit par des matières synthétiques.



**Fig1.21:** Les câbles électriques

→Les câbles de garde : n'ont pas le rôle de transporter le courant mais pour assurer une bonne protection contre la foudre, situés au-dessus des conducteurs.



**Fig1.22:** Les câbles de garde

→un paratonnerre : il assure la protection du bâtiment contre les coups directs de la foudre en canalisant les charges électriques vers le sol



**Fig1.23:** un paratonnerre

→ le parafoudre : C'est un appareil qui a pour fonction de protéger les installations électriques ou électroniques comme un interrupteur contre les surtensions en général qui peuvent avoir, il dirige le courant excédentaire vers la terre.



**Fig1.24:** le parafoudre

## **2/-2-Le transport :**

Le réseau de transport d'électricité est un maillon fondamental de l'ensemble du système électrique. C'est l'infrastructure qui permet de transporter l'électricité à haute et très haute tension, depuis les sites de production (centrales électriques) jusqu'aux réseaux de distribution. Ce réseau est essentiel pour assurer une fourniture fiable et continue d'électricité, tout en minimisant les pertes sur de longues distances.

## **2/-3-la répartition :**

Les réseaux de répartition jouent un rôle essentiel en assurant la liaison entre le réseau de transport et les réseaux de distribution. Leur principale mission est d'acheminer l'électricité depuis les postes d'interconnexion THT/HT (ou MT) vers les grands centres de consommation. Ils alimentent également les gros consommateurs industriels en haute ou moyenne tension et permettent de répartir l'énergie entre les différentes zones urbaines et rurales.

Ces réseaux sont majoritairement aériens, bien qu'ils puissent être souterrains à proximité des zones urbaines, et fonctionnent sous des tensions comprises entre 25 kV et 275 kV.

## **2/-4-La distribution :**

Les réseaux de distribution ont pour objectif de fournir l'électricité à l'ensemble des consommateurs, qu'ils soient commerciaux, industriels ou résidentiels. Il existe deux sous niveaux des tensions :

### **A/Le réseau de distribution haute tension (HT) :**

a pour mission de transporter l'électricité depuis le réseau de répartition jusqu'aux points de consommation moyenne, tels que les postes de distribution publique MT/BT ou les postes de livraison destinés aux abonnés de moyenne puissance. Ce réseau peut être aérien ou souterrain, et les tensions qu'il utilise varient de quelques kilovolts jusqu'à 40 kV.

### **B/Le réseau de distribution BT :**

Alimente les consommateurs domestiques en électricité à partir du réseau HT. Dernier maillon de la chaîne électrique, il peut être aérien ou souterrain, avec des tensions comprises entre 100 et 440V. Sa structure varie selon les pays, la population et l'environnement.

### **3/-Les classification des tensions du réseaux électriques :**

Chaque réseau électrique est organisé à partir de quelques niveaux de tension normalisés. Le respect de ces valeurs précises (à quelques % près) est une nécessité pour exploiter les structures de transport en assurant leur sûreté, le respect des plages contractuelles, et de façon générale afin de réduire les coûts et les contraintes sur les appareillages.

Les niveaux de tension définit en Algérie (**SONELGAZ**) en courant alternatif et continu comme suit :

#### **3.1 Très Basse tension (TBT) :**

•**Définition** : Tension inférieure à **50 V** en courant alternatif (AC).

•**Utilisation** : Équipements électroniques, éclairage basse tension.

#### **3.2 /Basse tension (BT) :**

##### **3.2.1 /BTA (Basse Tension A) :**

•**Signifie** : Basse Tension Alimentation

•**Définition** : Tension comprise entre **50 V** et **500 V** en courant alternatif (AC).

•**Utilisation** : alimentation en courant monophasé ou triphasé des clients standards (habitations, petits commerces).

##### **3.2.2 /BTB (Basse Tension B) :**

•**Signifie** : Basse Tension de type B (ou spécifique aux gros consommateurs BT)

•**Définition** : Tension comprise entre **500 V** et **1KV** en courant alternatif (AC).

•**Utilisation** : alimentation des gros consommateurs en basse tension, comme certaines entreprises ou bâtiments avec des puissances plus élevées.

#### **3.3 / Moyenne Tension (HTA) :**

•**Définition** : Tension généralement comprise entre **1 kV** et **50 kV**.

•**Utilisation** : Réseaux de distribution régionaux, alimentation des transformateurs de distribution triment avec des puissances plus élevées.

#### **3.4 / Très Haute tension (THT) :**

•**Définition** : Tension supérieure à **50 kV**.

•**Utilisation** : Transport d'électricité sur de courtes distances, souvent utilisée pour des réseaux de distribution de grande capacité

Domaine de tension		Tension alternative [V]	Valeurs usuelles
Haute tension	THT	<b>50 kV &lt; U</b>	<b>63 – 90 – 150 – 225 - 400 kV</b>
Moyenne tension	HTA	<b>1 kV &lt; U ≤ 50 kV</b>	<b>5.5 - 6.6 -10 - 15 - 20 – 33 - 40.5kV</b>
Basse tension	BTB	<b>500 V &lt; U ≤ 1 kV</b>	<b>690V</b>
	BTA	<b>50 V &lt; U ≤ 500 V</b>	<b>230 - 400 V</b>
Très Basse tension	TBT	<b>U ≤ 50 V</b>	<b>12 - 24 - 48 V</b>

**Tableau 1.1:** Les domaines de tension

THT

**60 kV - 90 kV - 150 kV - 220kV - 400 kV**

HTA

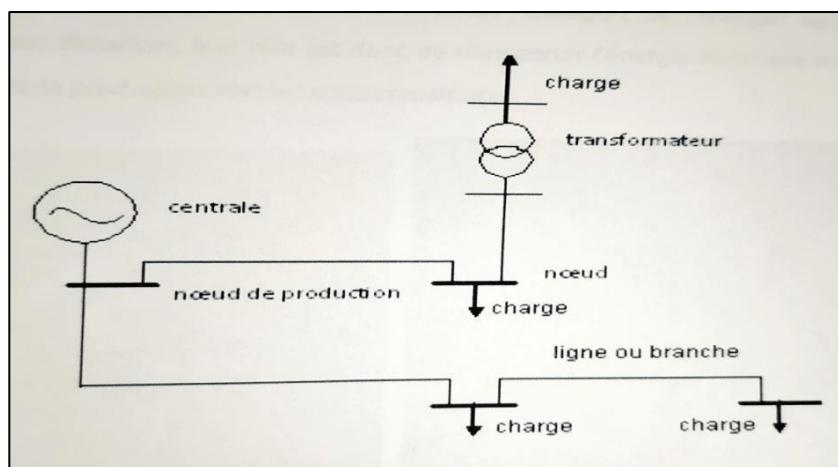
**5.5 kV - 10 kV - 15 kV - 20 kV - 30 kV**

BTA

**400 V****Tableau1.2:** Les niveaux essentiels de tension en Algérie

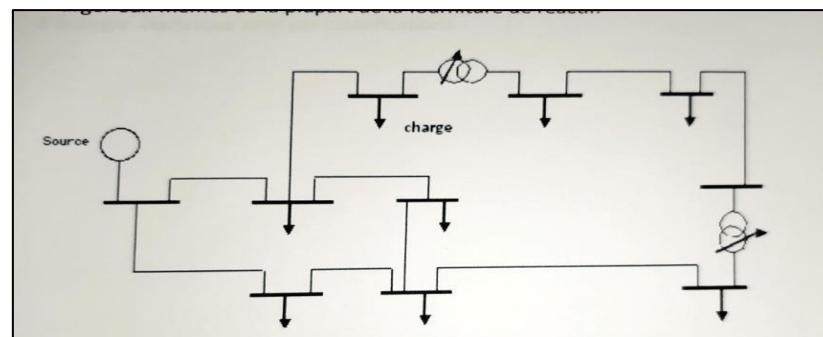
#### **4/Les topologies des réseaux électriques :**

La topologie varie selon le type de réseau et dépend de plusieurs facteurs : le niveau de fiabilité souhaité, les besoins en flexibilité et en maintenance, ainsi que les coûts liés à l'investissement et à l'exploitation. Selon le type de réseau (transport, distribution, etc.), plusieurs topologies peuvent être adoptées :

**Fig1.25:** schéma unifilaire d'un réseau

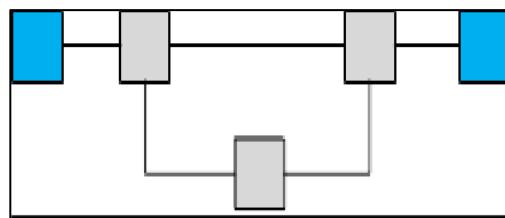
#### **4/1-Réseau maillé :**

Cette topologie est largement adoptée dans les réseaux de transport, où les centres de production sont interconnectés via des lignes THT au niveau des postes d'interconnexion, formant ainsi un réseau maillé. Cette structure offre une grande fiabilité, mais exige une supervision constante à l'échelle nationale, voire continentale.

**Fig1.26:** Réseau maillé

#### **4/-2-Réseau bouclé :**

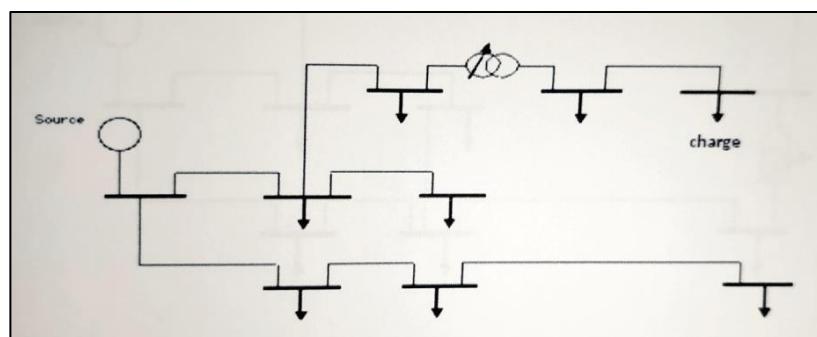
Cette topologie est principalement utilisée dans les réseaux de répartition et de distribution moyenne tension (MT). Les postes de répartition HT ou MT, alimentés par le réseau THT, sont interconnectés afin de former des boucles, ce qui permet d'améliorer la disponibilité de l'alimentation. Toutefois, il convient de préciser que les réseaux MT ne sont pas systématiquement bouclés.



**Fig1.27:** Réseau bouclé

#### **4/-3-Réseau radial :**

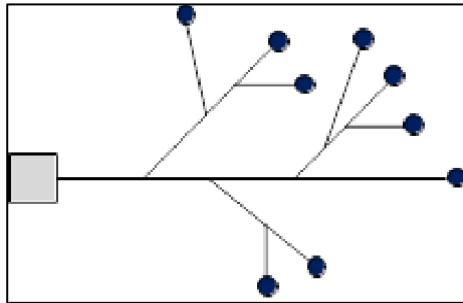
Il s'agit d'une topologie simple, couramment utilisée dans les réseaux de distribution moyenne et basse tension (MT et BT). Elle se compose d'une ligne alimentée par des postes de distribution MT ou BT, eux-mêmes reliés à un poste source HT ou MT. En moyenne tension, cette structure est souvent alimentée par les deux extrémités afin de garantir une meilleure disponibilité de l'alimentation.



**Fig1.28:** Réseau radial

#### **4/-4-Réseau arborescent :**

Cette structure est largement utilisée en milieu rural, et parfois en milieu urbain lorsque la charge n'est pas très sensible aux coupures. Elle se compose d'un poste de répartition qui alimente plusieurs postes de distribution BT via des piquages effectués à différents points le long des lignes desservant les postes MT/BT



**Fig1.29:** Réseau arborescent

## **5/-Injection des énergies renouvelables :**

Les énergies renouvelables désignent des sources d'énergie provenant de phénomènes naturels qui se produisent et se renouvellent en permanence naturellement à un rythme plus rapide que celui de leur consommation et qui sont inépuisables à l'échelle humaine.

Dans cette simulation, on va comparer entre deux types d'énergies renouvelables :

### **5/-1-1-L'énergie solaire :**

C'est une source d'énergie renouvelable captée directement du soleil. Elle peut être utilisée de différentes manières, notamment pour produire de l'électricité grâce aux panneaux photovoltaïques. Ces panneaux convertissent la lumière du soleil en électricité grâce à des cellules solaires.

#### **Les avantages :**

- Énergie propre : Réduit la dépendance aux combustibles fossiles et les émissions de CO<sub>2</sub>.
- Renouvelable : Le soleil est une source d'énergie inépuisable.
- Économique : Les coûts des panneaux solaires ont considérablement baissé.
- Autonomie énergétique : Permet de produire de l'électricité localement.

#### **Les inconvénients :**

- Intermittente : dépend de l'ensoleillement et des conditions climatiques.
- Besoins en stockage : pour garantir une alimentation continue (batteries ou systèmes hybrides avec d'autres sources).
- Espace requis : les installations à grande échelle nécessitent des surfaces importantes



**Fig 1.30 :** Les panneaux solaires

## **5/-1-2-L'énergie éolienne :**

Est une source d'énergie renouvelable qui utilise la force du vent pour produire de l'électricité. Elle est obtenue grâce à des éoliennes, qui sont des structures composées de pales qui tournent sous l'effet du vent.

### **Principe de fonctionnement**

Une éolienne est composée principalement :

- D'un rotor (pales + moyeu) qui capte l'énergie du vent,
- D'un multiplicateur (dans certains modèles) qui augmente la vitesse de rotation,
- D'un générateur électrique qui transforme l'énergie mécanique en électricité,
- Et d'un système de contrôle qui oriente les pales (pitch) et l'éolienne (yaw) pour optimiser la production selon la direction et la vitesse du vent.

### **Types d'éoliennes :**

- Éoliennes terrestres : installées sur la terre ferme.
- Éoliennes offshore : installées en mer, où le vent est plus constant et plus fort.
- Éoliennes à axe horizontal (les plus courantes) et à axe vertical (moins répandues).

### **Les avantages :**

- Énergie propre : Ne produit pas d'émissions de gaz à effet de serre.
- Renouvelable : Le vent est une source d'énergie inépuisable.
- Diversification énergétique : Réduit la dépendance aux combustibles fossiles.
- Création d'emplois : Développe une nouvelle industrie

### **Inconvénients :**

- Intermittence de la production, dépendante des conditions météorologiques.
- Nécessité de stockage ou de soutien réseau pour assurer la stabilité.
- Impact visuel et sonore dans certains cas.
- Coût d'installation initial élevé, surtout en offshore.



**Fig 1.31 :** Enjeux d'énergie éolienne

## **6/- Conclusion :**

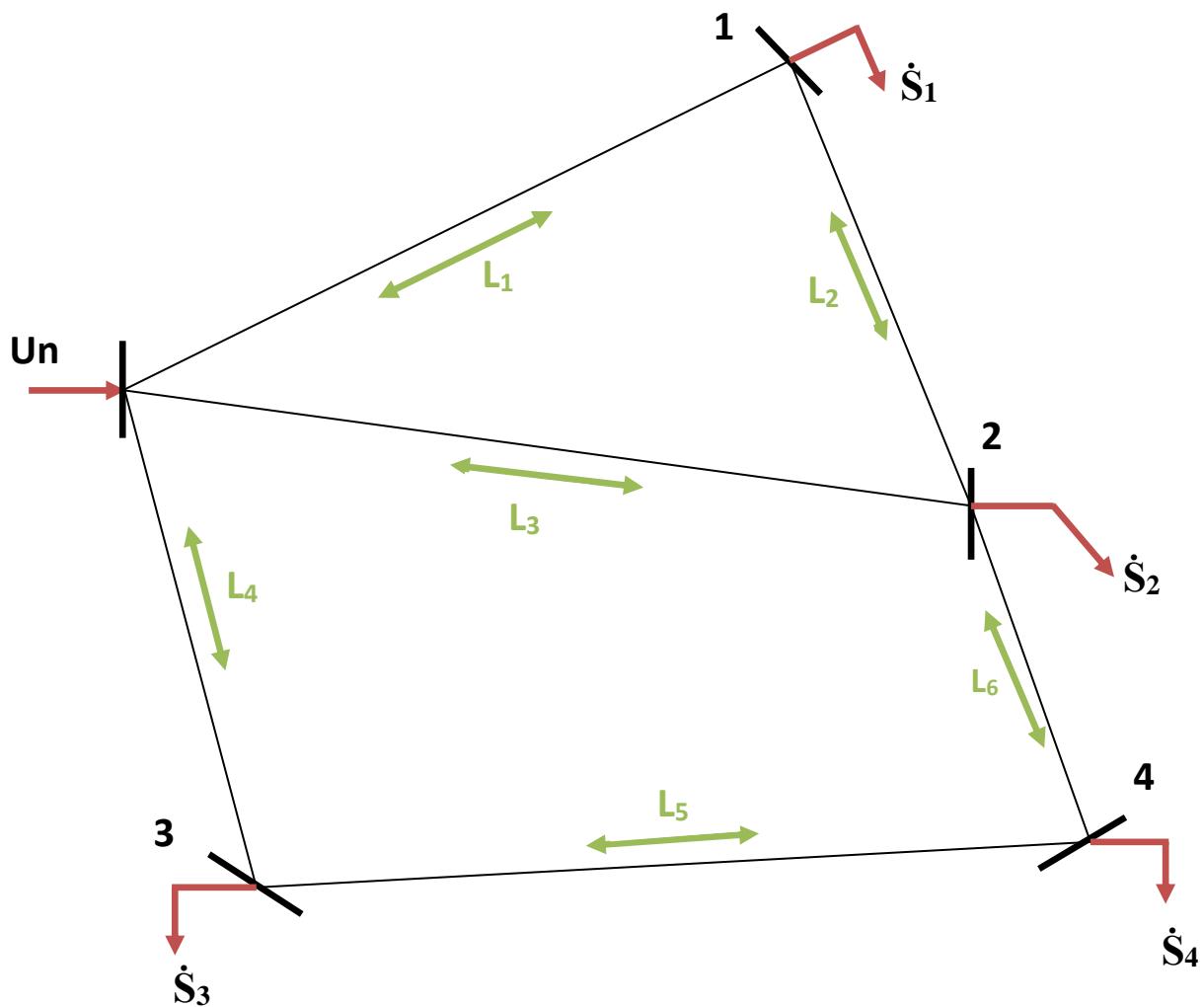
Pour conclure, ce chapitre a posé les bases nécessaires à la compréhension des réseaux électriques, en mettant en lumière leur importance et les enjeux de leur évolution.

**Chapitre 02 :**

**Dimensionnement**

**des lignes**

## 1/- Description du réseau à étudier :



Les données du réseau sont :

Poste01 : charge1 :  $\dot{S}_1 = 120 + j100$  [MVA]

Poste02 : charge2 :  $\dot{S}_2 = 100 + j85$  [MVA]

Poste03 : charge3 :  $\dot{S}_3 = 140 + j100$  [MVA]

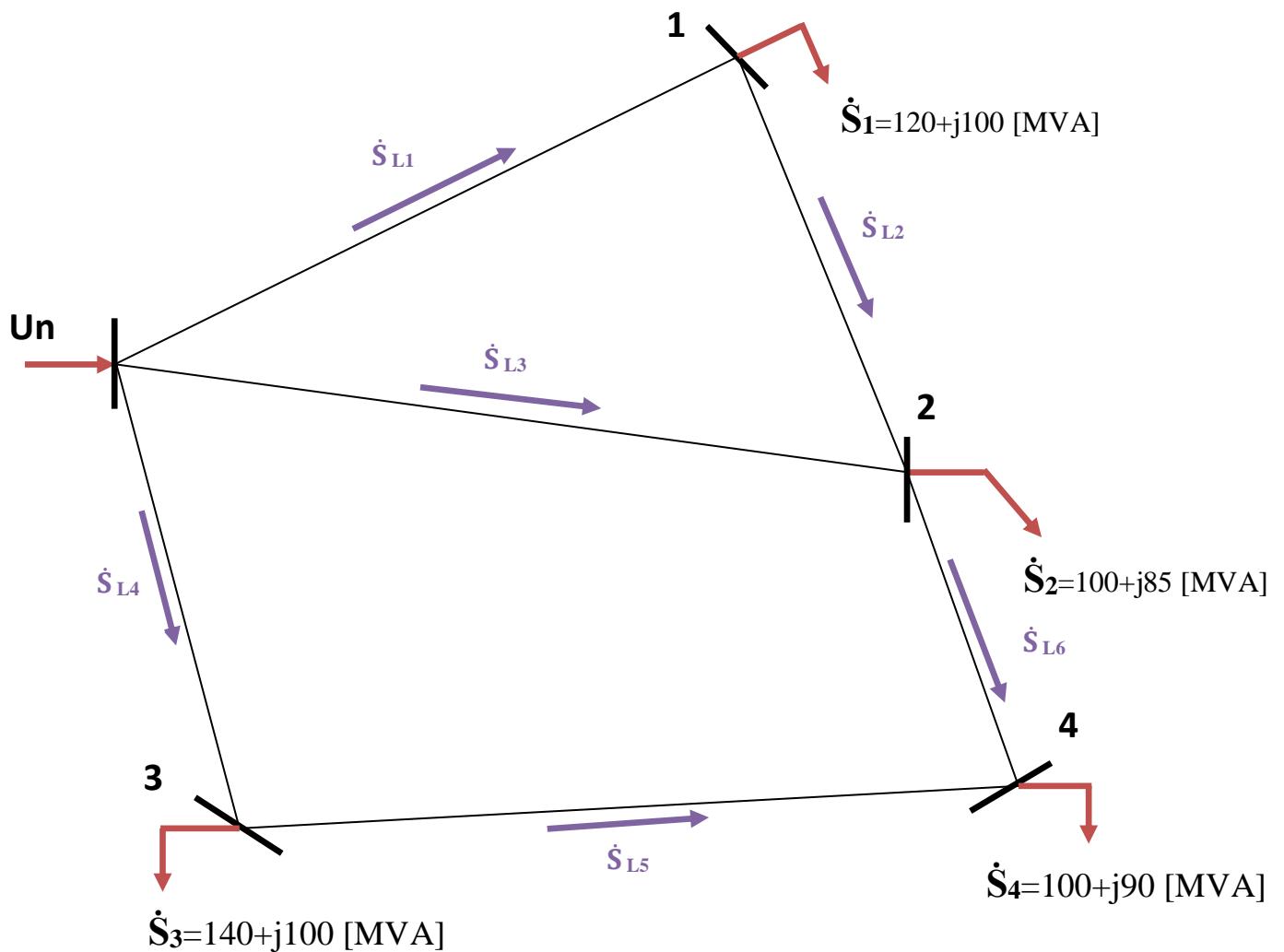
Poste04 : charge4 :  $\dot{S}_4 = 100 + j90$  [MVA]

Les longueurs des lignes :

$$L_1 = 60 \text{ Km} ; \quad L_2 = 40 \text{ Km} ; \quad L_3 = 70 \text{ Km} ; \quad L_4 = 65 \text{ Km} ; \quad L_5 = 50 \text{ Km} ; \quad L_6 = 35 \text{ Km} .$$

Avec : La tension nominale:  $U_n = 220 \text{ KV}$

## 2/- Transite des puissances dans les lignes :



### 3/-Calcul des puissances des lignes :

On suppose que les pertes de puissances sont négligeables [ $\Delta S_L = 0$ ] et que les paramètres linéaires des tronçons sont égaux.

Les équations des mailles :

$$1) - \mathbf{S}_{L1} * L_1 + \mathbf{S}_{L2} * L_2 - \mathbf{S}_{L3} * L_3 = 0$$

$$2) - \mathbf{S}_{L3} * L_3 + \mathbf{S}_{L6} * L_6 - \mathbf{S}_{L5} * L_5 = 0$$

Les équations des nœuds:

$$3) - \dot{\mathbf{S}}_{L1} = \dot{S}_1 + \dot{\mathbf{S}}_{L2}$$

$$4) - \dot{\mathbf{S}}_{L2} + \mathbf{S}_{L3} = \dot{S}_2 + \dot{\mathbf{S}}_{L6}$$

$$5) - \dot{\mathbf{S}}_{L4} = \dot{S}_3 + \dot{\mathbf{S}}_{L3}$$

$$6) - \dot{\mathbf{S}}_{L6} + \dot{\mathbf{S}}_{L5} = \dot{S}_4$$

Le système d'équation sera comme suit :

$$1) 60*\mathbf{Y}_1 + 40*\mathbf{Y}_2 - 70*\mathbf{Y}_3 - 0*\mathbf{Y}_4 + 0*\mathbf{Y}_5 + 0*\mathbf{Y}_6 = 0$$

$$2) 0*\mathbf{Y}_1 + 0*\mathbf{Y}_2 + 70*\mathbf{Y}_3 - 65*\mathbf{Y}_4 - 50*\mathbf{Y}_5 + 35*\mathbf{Y}_6 = 0$$

$$3) 1*\mathbf{Y}_1 - 1*\mathbf{Y}_2 + 0*\mathbf{Y}_3 + 0*\mathbf{Y}_4 + 0*\mathbf{Y}_5 + 0*\mathbf{Y}_6 = \dot{S}_1$$

$$4) 0*\mathbf{Y}_1 + 1*\mathbf{Y}_2 + 1*\mathbf{Y}_3 + 0*\mathbf{Y}_4 + 0*\mathbf{Y}_5 - 1*\mathbf{Y}_6 = \dot{S}_2$$

$$5) 0*\mathbf{Y}_1 + 0*\mathbf{Y}_2 + 0*\mathbf{Y}_3 + 1*\mathbf{Y}_4 - 1*\mathbf{Y}_5 + 0*\mathbf{Y}_6 = \dot{S}_3$$

$$6) 0*\mathbf{Y}_1 + 0*\mathbf{Y}_2 + 0*\mathbf{Y}_3 + 0*\mathbf{Y}_4 + 1*\mathbf{Y}_5 + 1*\mathbf{Y}_6 = \dot{S}_4$$

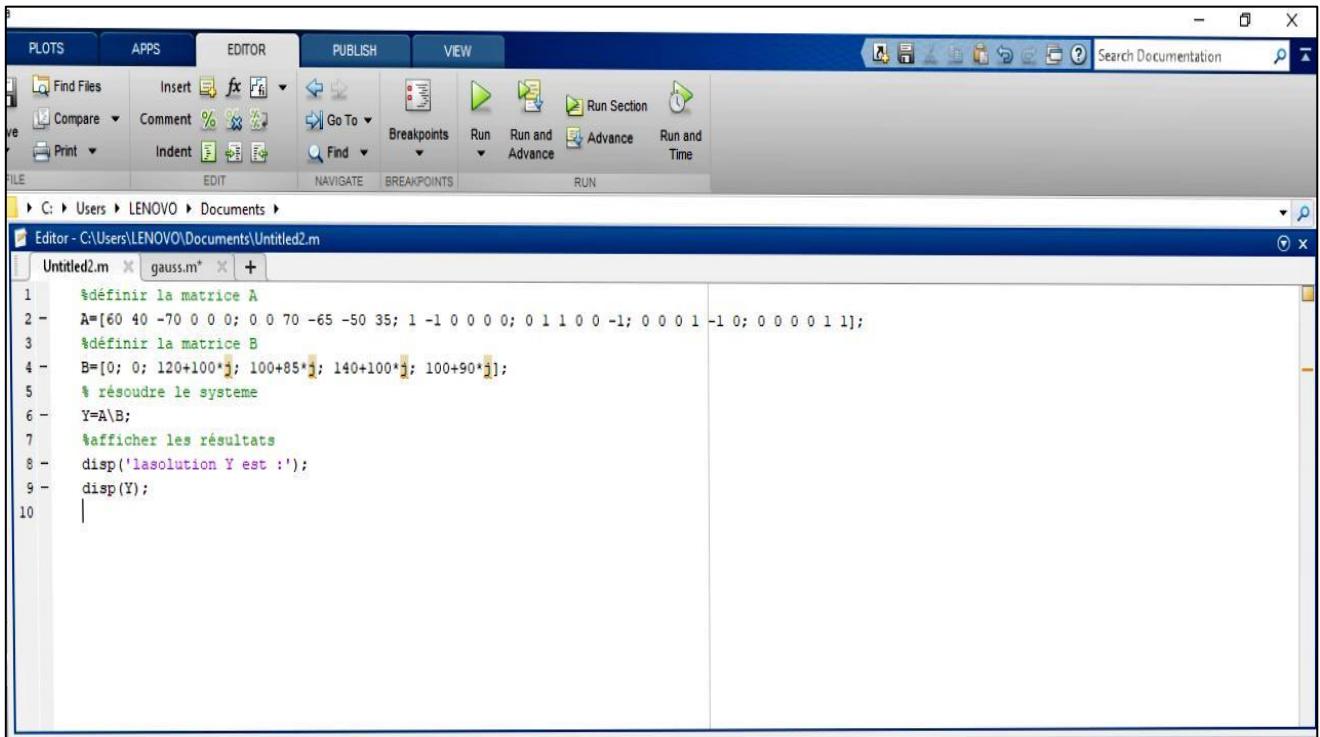
Avec :

$\mathbf{Y}_1 = \dot{\mathbf{S}}_{L1}$
$\mathbf{Y}_2 = \dot{\mathbf{S}}_{L2}$
$\mathbf{Y}_3 = \dot{\mathbf{S}}_{L3}$
$\mathbf{Y}_4 = \dot{\mathbf{S}}_{L4}$
$\mathbf{Y}_5 = \dot{\mathbf{S}}_{L5}$
$\mathbf{Y}_6 = \dot{\mathbf{S}}_{L6}$

On les écrit sous forme d'une matrice :

$$\left( \begin{array}{cccccc} 60 & 40 & -70 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 70 & -65 & -50 & 35 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{array} \right) \left( \begin{array}{c} \mathbf{Y}_1 \\ \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_3 \\ \mathbf{Y}_4 \\ \mathbf{Y}_5 \\ \mathbf{Y}_6 \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ \dot{S}_1 \\ \dot{S}_2 \\ \dot{S}_3 \\ \dot{S}_4 \end{array} \right)$$

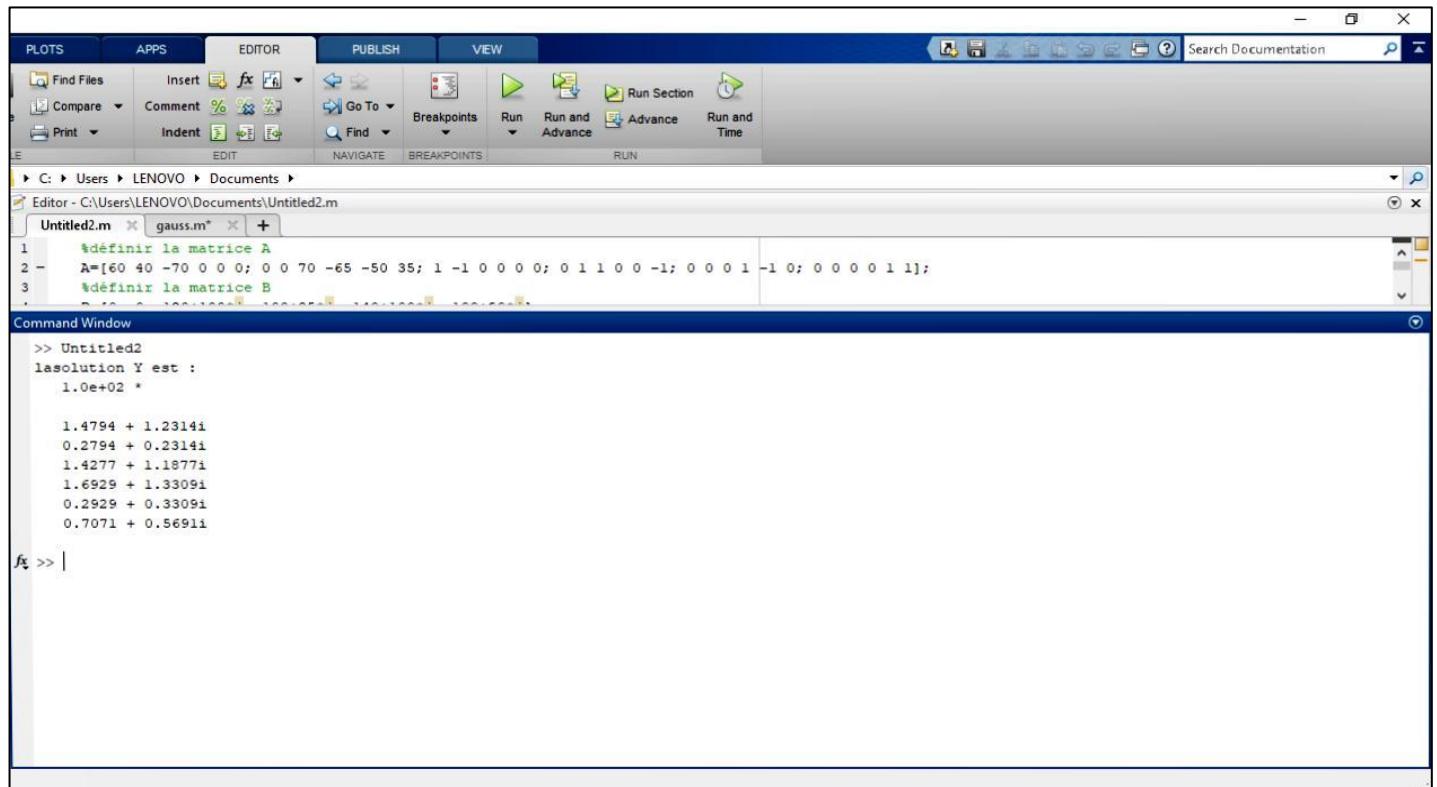
Pour résoudre cette matrice et calculer les puissances des lignes, on a créé un code de programme informatique sur **MATLAB** comme suit :



```
Editor - C:\Users\LENOVO\Documents\Untitled2.m
Untitled2.m x gauss.m* x +
1 %définir la matrice A
2 A=[60 40 -70 0 0 0; 0 0 70 -65 -50 35; 1 -1 0 0 0 0; 0 1 1 0 0 -1; 0 0 0 1 -1 0; 0 0 0 0 1 1];
3 %définir la matrice B
4 B=[0; 0; 120+100*j; 100+85*j; 140+100*j; 100+90*j];
5 % résoudre le système
6 Y=A\B;
7 %afficher les résultats
8 disp('la solution Y est :');
9 disp(Y);
10 |
```

**Fig2.1 :** Le Matlab des tensions

Donc on trouve :



```
C:\> Untitled2
la solution Y est :
1.0e+02 *
1.4794 + 1.2314i
0.2794 + 0.2314i
1.4277 + 1.1877i
1.6929 + 1.3309i
0.2929 + 0.3309i
0.7071 + 0.5691i
```

**Fig2.2 :** Résultat des tensions par Le Matlab

Les puissances des lignes :

$$\dot{S}_{L1} = 147,94 + j123,14 \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_{L2} = 27,94 + j23,14 \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_{L3} = 142,77 + j118,77 \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_{L4} = 169,29 + j133,09 \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_{L5} = 29,29 + j33,09 \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_{L6} = 70,71 + j56,91 \text{ [MVA]}$$

#### 4)- Calcul Des courants des lignes :

$$\dot{I}_{Li} = \frac{\dot{S}_{Li}}{\sqrt{3} Un}$$

$$\dot{I}_{L1} = \frac{\dot{S}_{L1}}{\sqrt{3} 220} = \frac{147,94 - j123,14}{\sqrt{3} 220} = 0,388241 - j0,323158 \text{ KA}$$

$$I_{L1} = |\dot{I}_{L1}| = \sqrt{(0,388241)^2 + (-0,323158)^2}$$

$$I_{L1} = 0,505135 \text{ KA}$$

$$\dot{I}_{L2} = \frac{\dot{S}_{L2}}{\sqrt{3} 220} = \frac{27,94 - j23,14}{\sqrt{3} 220} = 0,073323 - j0,060726 \text{ KA}$$

$$I_{L2} = |\dot{I}_{L2}| = \sqrt{(0,073323)^2 + (-0,060726)^2}$$

$$I_{L2} = 0,095204 \text{ KA}$$

$$\dot{I}_{L3} = \frac{\dot{S}_{L3}}{\sqrt{3} 220} = \frac{142,77 - j118,77}{\sqrt{3} 220} = 0,374674 - j0,311690 \text{ KA}$$

$$I_{L3} = |\dot{I}_{L3}| = \sqrt{(0,374674)^2 + (-0,311690)^2}$$

$$I_{L3} = 0,487371 \text{ KA}$$

$$\dot{I}_{L4} = \frac{\dot{S}_{L4}}{\sqrt{3} 220} = \frac{169,29 - j133,09}{\sqrt{3} 220} = 0,444271 - j0,349270 \text{ KA}$$

$$I_{L4} = |\dot{I}_{L4}| = \sqrt{(0,444271)^2 + (-0,349270)^2}$$

$$I_{L4} = 0,565124 \text{ KA}$$

$$\dot{I}_{L5} = \frac{\hat{S}_{L5}}{\sqrt{3} \cdot 220} = \frac{29,29 - j33,09}{\sqrt{3} \cdot 220} = 0,0768663 - j0,0868387 \text{ KA}$$

$$I_{L5} = |\dot{I}_{L5}| = \sqrt{(0,0768663)^2 + (-0,0868387)^2}$$

$$I_{L5} = 0,115971 \text{ KA}$$

$$\dot{I}_{L6} = \frac{\hat{S}_{L6}}{\sqrt{3} \cdot 220} = \frac{70,71 - j56,91}{\sqrt{3} \cdot 220} = 0,185565 - j0,149350 \text{ KA}$$

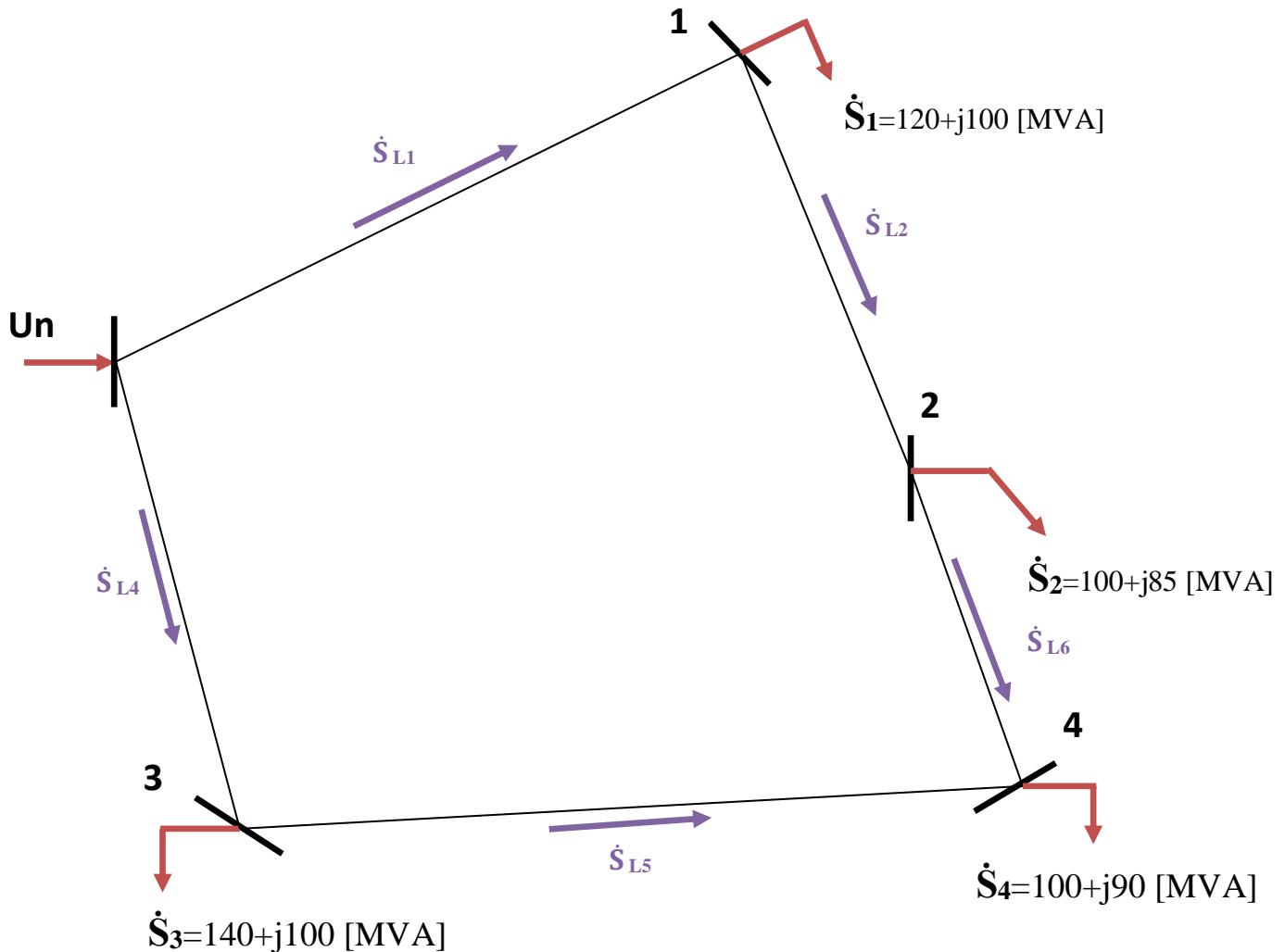
$$I_{L6} = |\dot{I}_{L6}| = \sqrt{(0,185565)^2 + (-0,149350)^2}$$

$$I_{L6} = 0,238201 \text{ KA}$$

## 5/- Régime après avarie :

Dans ce régime on va couper les lignes les plus chargés en déterminant les courants admissibles de chacune des lignes restantes.

Cas 01 : Coupure de la ligne L<sub>3</sub>



### 5/-1- Calcul des puissances d'un réseau bouclé :

$$\dot{S}_{L1} = \frac{\dot{S}_1(L_2 + L_6 + L_5 + L_4) + \dot{S}_2(L_6 + L_5 + L_4) + \dot{S}_4(L_5 + L_4) + \dot{S}_3(L_4)}{L_1 + L_2 + L_4 + L_5 + L_6}$$

$$\dot{S}_{L1} = \frac{[(120+j100)(190)] + [(100+j85)(150)] + [(100+j90)(115)] + [(140+j100)(65)]}{60+40+35+50+65}$$

$$\dot{S}_{L1} = 233,6+j194,4 \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_{L1} = \dot{S}_{L2} + \dot{S}_1 \rightarrow \dot{S}_{L2} = \dot{S}_{L1} - \dot{S}_1 \rightarrow \dot{S}_{L2} = (233,6+j194,4) - (120+j100)$$

$$\dot{S}_{L2} = 113,6+j94,4 \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_{L2} = \dot{S}_{L6} + \dot{S}_2 \rightarrow \dot{S}_{L6} = \dot{S}_{L2} - \dot{S}_2 \rightarrow \dot{S}_{L6} = (113,6+j94,4) - (100+j85)$$

$$\dot{S}_{L6} = 13,6+j9,4 \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_{L6} = \dot{S}_4 - \dot{S}_{L5} \rightarrow \dot{S}_{L5} = \dot{S}_4 - \dot{S}_{L6} \rightarrow \dot{S}_{L5} = (100+j90) - (13,6+j9,4)$$

$$\dot{S}_{L5} = 86,4+j80,6 \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_{L4} = \frac{\dot{S}_3(L5+L6+L2+L1) + \dot{S}_4(L6+L2+L1) + \dot{S}_2(L2+L1) + \dot{S}_1(L1)}{L1 + L2 + L4 + L5 + L6}$$

$$\dot{S}_{L4} = \frac{[(140+j90)(185)] + [(100+j90)(135)] + [(100+j85)(100)] + [(120+j100)(60)]}{60+40+35+50+65}$$

$$\dot{S}_{L4} = 226,4+j180,6 \text{ [MVA]}$$

### **5/-1-2- Calcul Des courants des lignes :**

$$\dot{I}_{L1} = \frac{\hat{S}_{L1}}{\sqrt{3} 220} = \frac{233,6-j194,4}{\sqrt{3} 220} = 0,613041-j0,510167 \text{ [KA]}$$

$$I_{L1} = |\dot{I}_{L1}| = \sqrt{(0,613041)^2 + (-0,510167)^2}$$

$$I_{L1} = 0,797552 \text{ KA}$$

$$\dot{I}_{L2} = \frac{\hat{S}_{L2}}{\sqrt{3} 220} = \frac{113,6-j94,4}{\sqrt{3} 220} = 0,298122 - j0,247735 \text{ KA}$$

$$I_{L2} = |\dot{I}_{L2}| = \sqrt{(0,298122)^2 + (-0,247735)^2}$$

$$I_{L2} = 0,387621 \text{ KA}$$

$$\dot{I}_{L4} = \frac{\hat{S}_{L4}}{\sqrt{3} 220} = \frac{226,4-j180,6}{\sqrt{3} 220} = 0,594145 - j0,473952 \text{ KA}$$

$$I_{L4} = |\dot{I}_{L4}| = \sqrt{(0,594145)^2 + (-0,473952)^2}$$

$$I_{L4} = 0,760026 \text{ KA}$$

$$I_{L5} = \frac{\hat{S}_{L5}}{\sqrt{3} \cdot 220} = \frac{86,4 - j80,6}{\sqrt{3} \cdot 220} = 0,227411 - j0,211520 \text{ KA}$$

$$I_{L5} = |I_{L5}| = \sqrt{(0,227411)^2 + (-0,211520)^2}$$

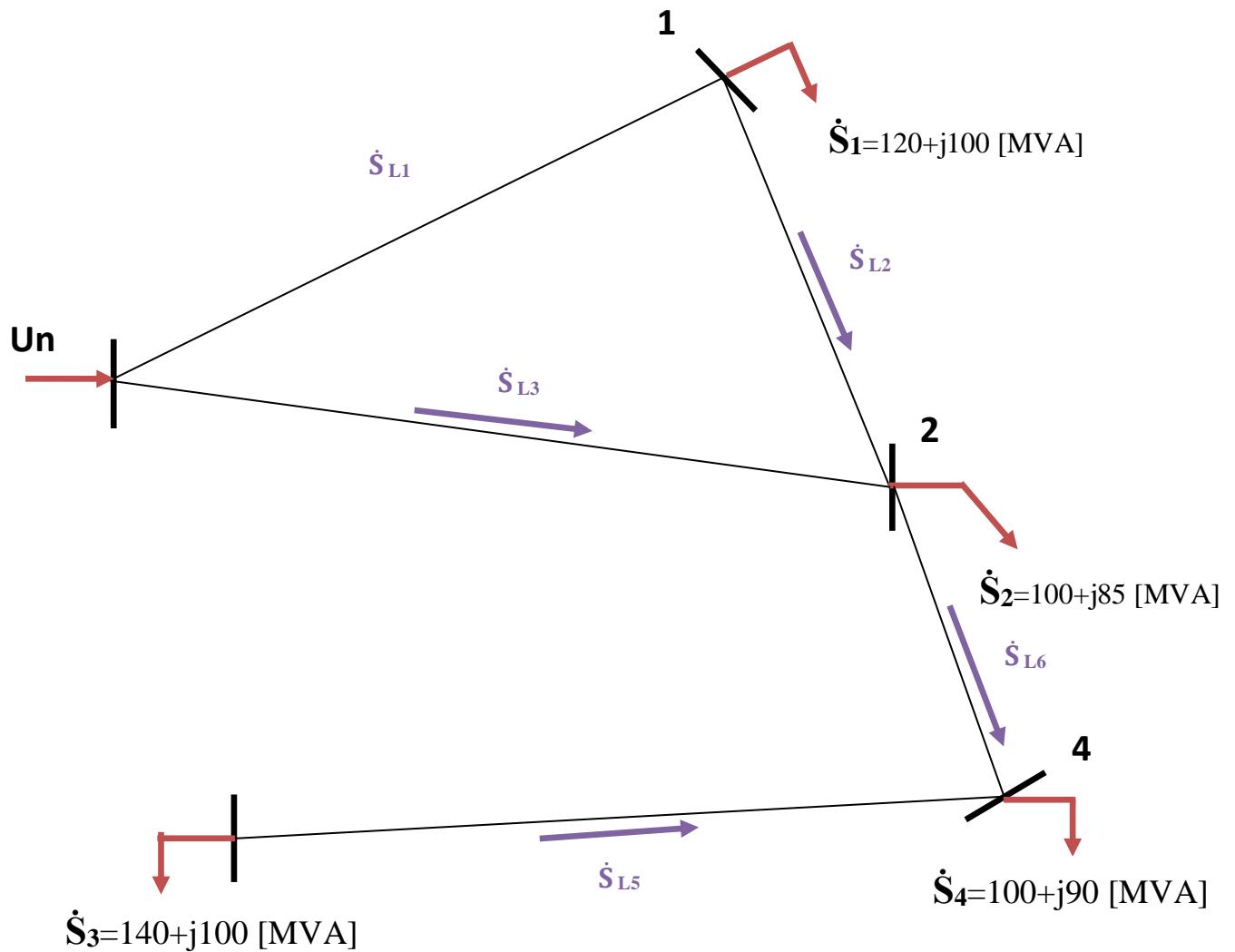
$$I_{L5} = 0,310084 \text{ KA}$$

$$I_{L6} = \frac{\hat{S}_{L6}}{\sqrt{3} \cdot 220} = \frac{13,6 - j9,4}{\sqrt{3} \cdot 220} = 0,035690 - j0,024668 \text{ KA}$$

$$I_{L6} = |I_{L6}| = \sqrt{(0,035690)^2 + (-0,024668)^2}$$

$$I_{L6} = 0,043386 \text{ KA}$$

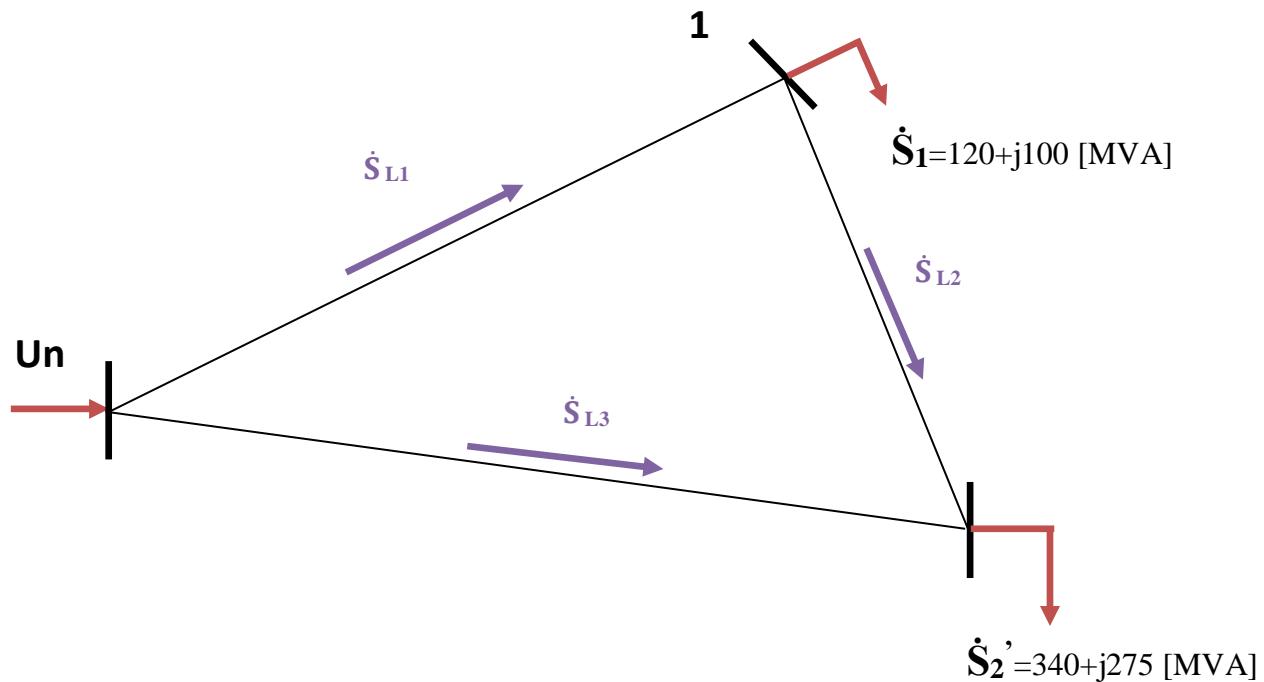
Cas 02 : Coupure de la ligne L<sub>4</sub>



Après avoir injecté les charges  $\dot{S}_4$  et  $\dot{S}_3$  dans le nœud on aura :

$$\dot{S}_2' = \dot{S}_2 + \dot{S}_3 + \dot{S}_4 = 340+j275 \text{ [MVA]}$$

Notre réseau sera comme suit :



## 5/-2- Calcul des puissances d'un réseau bouclé :

$$\dot{S}_{L1} = \frac{\dot{S}_1(L_2+L_3) + \dot{S}_2'(L_3)}{L_1 + L_2 + L_3}$$

$$\dot{S}_{L1} = \frac{[(120+j100)(110)] + [(340+j275)(70)]}{60+40+70}$$

$$\dot{S}_{L1} = 217,647058+j177,941176 \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_{L1} = \dot{S}_{L2} + \dot{S}_1 \rightarrow \dot{S}_{L2} = \dot{S}_{L1} - \dot{S}_1 \rightarrow \dot{S}_{L2} = (217,647058+j177,941176) - (120+j100)$$

$$\dot{S}_{L2} = 97,647058+j77,941176 \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_{L3} = \frac{\dot{S}_2'(L_2+L_1) + \dot{S}_1(L_1)}{L_1 + L_2 + L_3} ; \quad \dot{S}_2' = \dot{S}_{L3} + \dot{S}_{L2} \rightarrow \dot{S}_{L3} = \dot{S}_2' - \dot{S}_{L2}$$

$$\dot{S}_{L3} = \frac{[(340+j275)(70)] + [(120+j100)(60)]}{60+40+70}$$

$$\dot{S}_{L3} = 242,352941+j197,058823 \text{ [MVA]}$$

## 5/-2-2- Calcul Des courants des lignes :

$$\dot{I}_{L1} = \frac{\hat{S}_{L1}}{\sqrt{3} 220} = \frac{217,647058-j177,941176}{\sqrt{3} 220} = 0,571175-j0,466974 \text{ [KA]}$$

$$I_{L1} = |\dot{I}_{L1}| = \sqrt{(0,571175)^2 + (-0,466974)^2}$$

$$I_{L1} = 0,737771 \text{ KA}$$

$$\dot{I}_{L2} = \frac{\hat{S}_{L2}}{\sqrt{3} 220} = \frac{97,647058-j77,941176}{\sqrt{3} 220} = 0,256257 - j0,204542 \text{ [KA]}$$

$$I_{L2} = |\dot{I}_{L2}| = \sqrt{(0,256257)^2 + (-0,204542)^2}$$

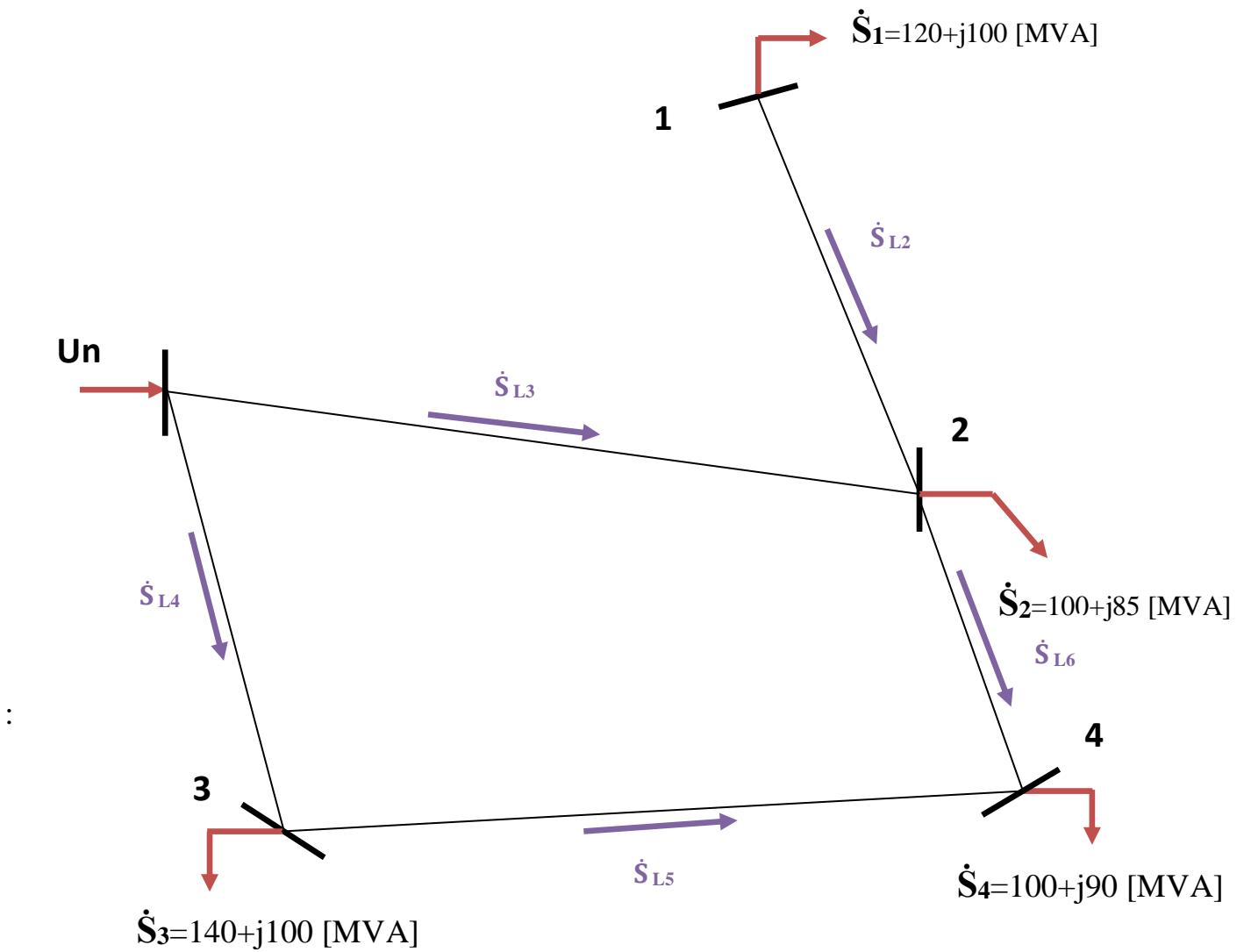
$$I_{L2} = 0,327880 \text{ KA}$$

$$\dot{I}_{L3} = \frac{\hat{S}_{L3}}{\sqrt{3} 220} = \frac{242,352941-j197,058823}{\sqrt{3} 220} = 0,636011 - j0,517145 \text{ [KA]}$$

$$I_{L3} = |\dot{I}_{L3}| = \sqrt{(0,636011)^2 + (-0,517145)^2}$$

$$I_{L3} = 0,819725 \text{ KA}$$

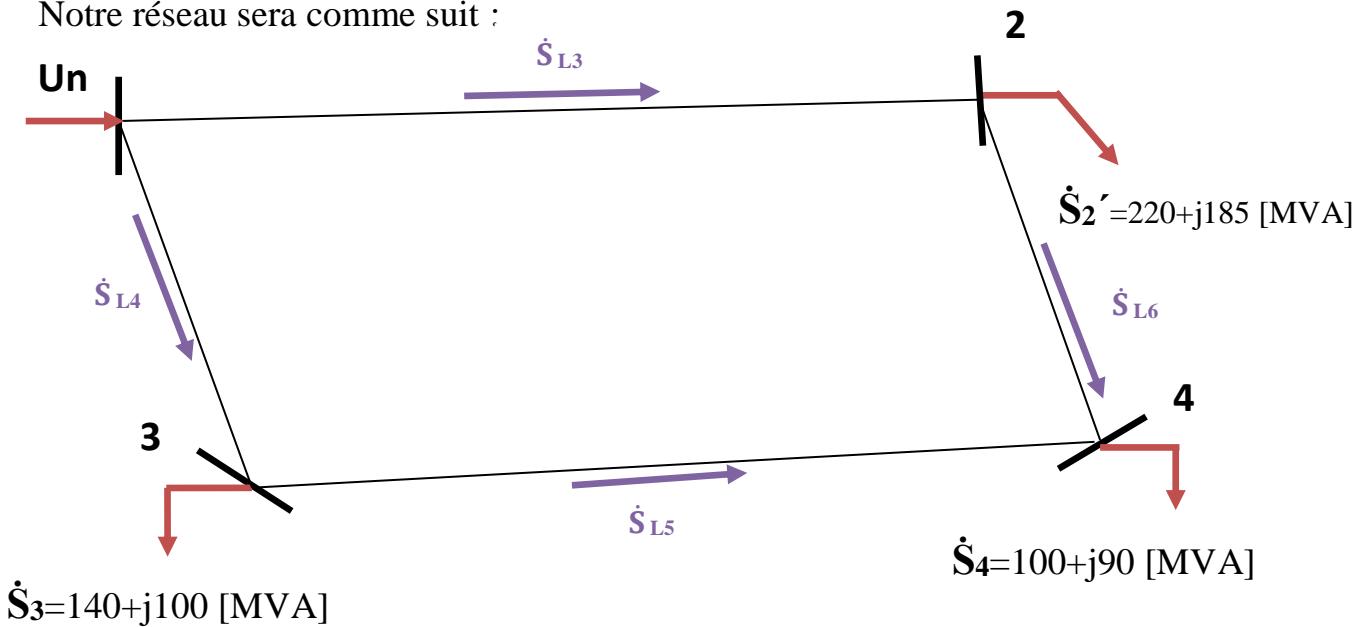
Cas 03 : Coupure de la ligne L<sub>1</sub>



Après avoir injecté le charge  $\dot{S}_1$  dans le noeud 2 on aura :

$$\dot{S}_2' = \dot{S}_2 + \dot{S}_1 = 220+j185 \text{ [MVA]}$$

Notre réseau sera comme suit :



### **5/-3- Calcul des puissances :**

$$\dot{S}_{L3} = \frac{\dot{S}_2'(L_6 + L_5 + L_4) + \dot{S}_4(L_5 + L_4) + \dot{S}_3(L_4)}{L_3 + L_4 + L_5 + L_6}$$

$$\dot{S}_{L3} = \frac{[(220+j185)(150)] + [(100+j90)(115)] + [(140+j100)(65)]}{220}$$

$$\dot{S}_{L3} = 243,633636+j202,727272 \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_{L3} = \dot{S}_2' + \dot{S}_{L6} \rightarrow \dot{S}_{L6} = \dot{S}_{L3} - \dot{S}_2' \rightarrow \dot{S}_{L6} = (243,633636+j202,727272) - (220+j185)$$

$$\dot{S}_{L6} = 23,636363+j17,727272 \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_{L5} + \dot{S}_{L6} = \dot{S}_4 \rightarrow \dot{S}_{L5} = \dot{S}_4 - \dot{S}_{L6} \rightarrow \dot{S}_{L5} = (100+j90) - (23,636363+j17,727272)$$

$$\dot{S}_{L5} = 76,363636+j72,272727 \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_{L4} = \frac{\dot{S}_3(L_5 + L_6 + L_3) + \dot{S}_4(L_6 + L_3) + \dot{S}_2'(L_3)}{L_3 + L_4 + L_5 + L_6}$$

$$\dot{S}_{L4} = \frac{[(140+j100)(155)] + [(100+j90)(105)] + [(220+j185)(70)]}{220}$$

$$\dot{S}_{L4} = 216,363636+j172,272727 \text{ [MVA]}$$

### **5/-3-2- Calcul Des courants des lignes :**

$$\dot{I}_{L3} = \frac{\hat{S}_{L3}}{\sqrt{3} 220} = \frac{243,633636-j202,727272}{\sqrt{3} 220} = 0,639379-j0,532021 \text{ [KA]}$$

$$|I_{L3}| = \sqrt{(0,639379)^2 + (-0,532021)^2}$$

$$I_{L3} = 0,831776 \text{ KA}$$

$$\dot{I}_{L6} = \frac{\hat{S}_{L6}}{\sqrt{3} 220} = \frac{23,636363-j17,727272}{\sqrt{3} 220} = 0,062029-j0,046522 \text{ [KA]}$$

$$|I_{L6}| = \sqrt{(0,062029)^2 + (-0,046522)^2}$$

$$I_{L6} = 0,077536 \text{ KA}$$

$$\dot{I}_{L5} = \frac{\hat{S}_{L5}}{\sqrt{3} 220} = \frac{76,363636 - j72,272727}{\sqrt{3} 220} = 0,200402 - j0,189666 \text{ [KA]}$$

$$I_{L5} = |I_{L5}| = \sqrt{(0,200402)^2 + (-0,189666)^2}$$

$$I_{L5} = 0,275924 \text{ KA}$$

$$\dot{I}_{L4} = \frac{\hat{S}_{L4}}{\sqrt{3} 220} = \frac{216,363636 - j172,272727}{\sqrt{3} 220} = 0,567807 - j0,452098 \text{ [KA]}$$

$$I_{L4} = |I_{L4}| = \sqrt{(0,567807)^2 + (-0,452098)^2}$$

$$I_{L4} = 0,725808 \text{ KA}$$

## 6/- Détermination des courants admissibles de ce réseau :

$$I_{L1} = 0,797552 \text{ KA}$$

$$I_{L2} = 0,387621 \text{ KA}$$

$$I_{L3} = 0,831776 \text{ KA}$$

$$I_{L4} = 0,760026 \text{ KA}$$

$$I_{L5} = 0,310084 \text{ KA}$$

$$I_{L6} = 0,077536 \text{ KA}$$

D'après le catalogue :

Ligne	AC	R <sub>0</sub> (Ω/Km)	X <sub>0</sub> (Ω/Km)	B <sub>0</sub> × 10 <sup>-6</sup> (Ω <sup>-1</sup> /Km)
1	300	0,137007	0,419534	2,7
2	120	0,361007	0,464377	2,6
3	300	0,137007	0,419534	2,7
4	300	0,137007	0,419534	2,7
5	185	0,161007	0,424754	2,7
6	240	0,161007	0,424754	2,7

## **7/- calculs des impédances des lignes :**

$$\mathbf{Z}_{li} = (R_0 + jX_0) \times L_{li}$$

$$\mathbf{Z}_{l1} = (0,14 + j0,42) \times 60$$

$$Z_1 = 8,40 + j25,20 \text{ } (\Omega)$$

$$\mathbf{Z}_{l2} = (0,36 + j0,46) \times 40$$

$$Z_2 = 14,4 + j18,4 \text{ } (\Omega)$$

$$\mathbf{Z}_{l3} = (0,14 + j0,42) \times 70$$

$$Z_3 = 9,1 + j29,4 \text{ } (\Omega)$$

$$\mathbf{Z}_{l4} = (0,14 + j0,42) \times 65$$

$$Z_4 = 8,45 + j27,3 \text{ } (\Omega)$$

$$\mathbf{Z}_{l5} = (0,16 + j0,43) \times 50$$

$$Z_5 = 8 + j21,5 \text{ } (\Omega)$$

$$\mathbf{Z}_{l6} = (0,16 + j0,43) \times 35$$

$$Z_6 = 5,6 + j15,05 \text{ } (\Omega)$$

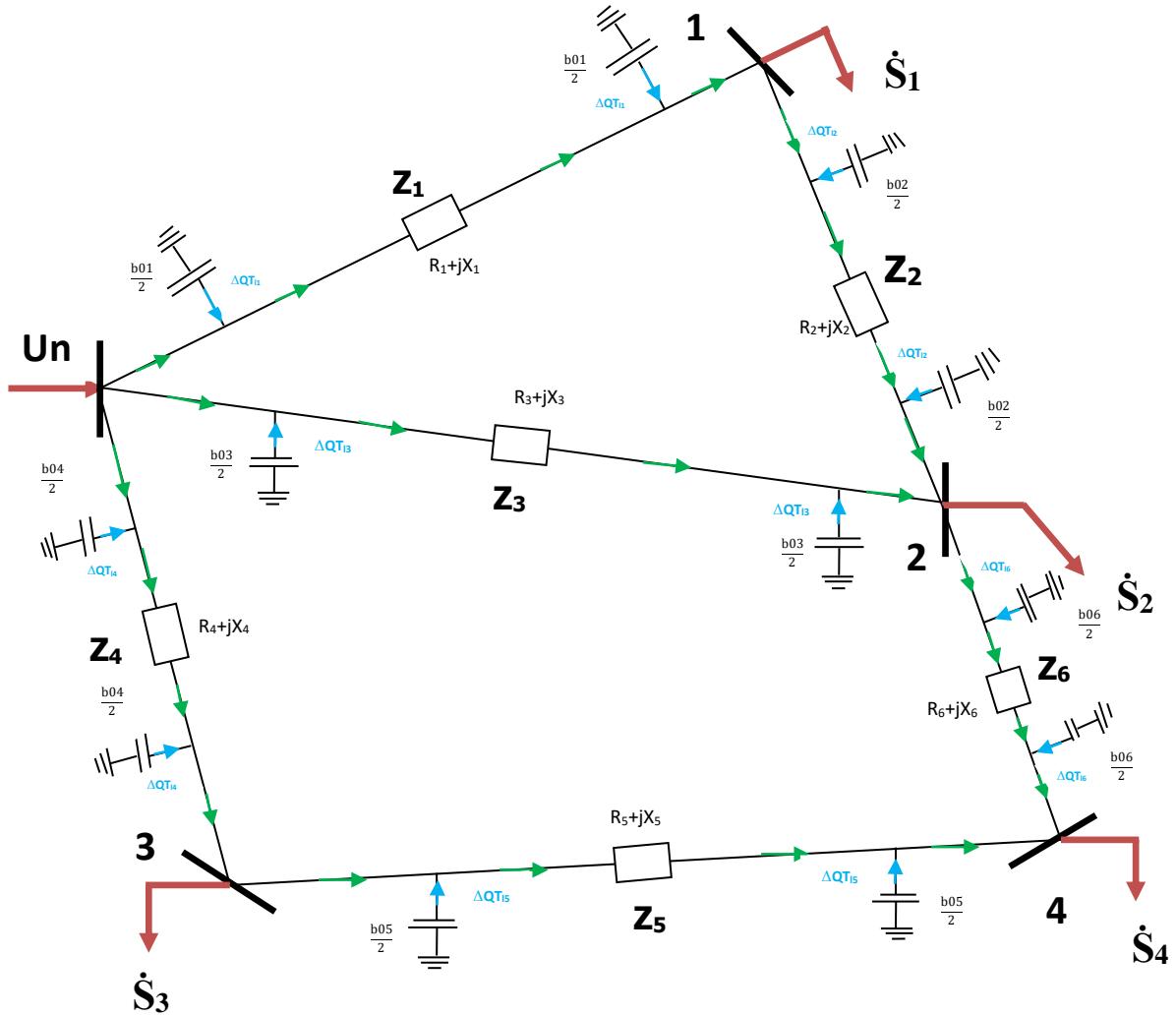
## **8/-Conclusion :**

On a calculé les courants admissibles des lignes du réseau pour choisir les sections de conducteurs.

**Chapitre 03 :**

**Etude du régime  
actuel par simulation  
powerworld et  
programmation  
matlab**

## 1/- Description du réseau:



## 2/- Calcul des puissances capacitives des lignes ( $\Delta Q T_{li}$ ):

$$\Delta Q T_{l1} = U_n^2 \times \left( \frac{b_{01} \times L_1}{2} \right) = 220^2 \times \left( \frac{0,0000027 \times 60}{2} \right) = 3,9204 \text{ [MVAR]}$$

$$\Delta Q T_{l2} = U_n^2 \times \left( \frac{b_{02} \times L_2}{2} \right) = 220^2 \times \left( \frac{0,0000026 \times 40}{2} \right) = 2,5168 \text{ [MVAR]}$$

$$\Delta Q T_{l3} = U_n^2 \times \left( \frac{b_{03} \times L_3}{2} \right) = 220^2 \times \left( \frac{0,0000027 \times 70}{2} \right) = 4,5738 \text{ [MVAR]}$$

$$\Delta Q T_{l4} = U_n^2 \times \left( \frac{b_{04} \times L_4}{2} \right) = 220^2 \times \left( \frac{0,0000027 \times 65}{2} \right) = 4,2471 \text{ [MVAR]}$$

$$\Delta Q T_{l5} = U_n^2 \times \left( \frac{b_{05} \times L_5}{2} \right) = 220^2 \times \left( \frac{0,0000027 \times 50}{2} \right) = 3,267 \text{ [MVAR]}$$

$$\Delta Q T_{l6} = U_n^2 \times \left( \frac{b_{06} \times L_6}{2} \right) = 220^2 \times \left( \frac{0,0000027 \times 35}{2} \right) = 2,2869 \text{ [MVAR]}$$

### **3/-Présentation du logiciel powerworld :**

#### **3/-1-Introduction :**

PowerWorld Simulator est un logiciel de simulation de réseaux électriques développé principalement pour l'analyse de systèmes de puissance. Il est largement utilisé dans les milieux académiques, industriels et par les opérateurs de réseaux pour modéliser et analyser le comportement des réseaux électriques en régime permanent et dynamique.

#### **3/-2-Fonctionnalités principales :**

##### 1-Analyse en régime permanent (Load Flow)

- Calcule les flux de puissance dans un réseau électrique.
- Permet d'identifier les surcharges, pertes d'énergie, et déséquilibres de tension.

##### 2-Simulation dynamique (Transient Stabilité)

- Simule la réponse du réseau à des perturbations telles que des courts-circuits ou la perte d'une ligne.
- Permet de vérifier la stabilité du système électrique.

##### 3-Interface graphique intuitive

- Visualisation claire des réseaux avec des schémas unifilaires interactifs.
- Facilité d'ajout, de suppression ou de modification des éléments du réseau.

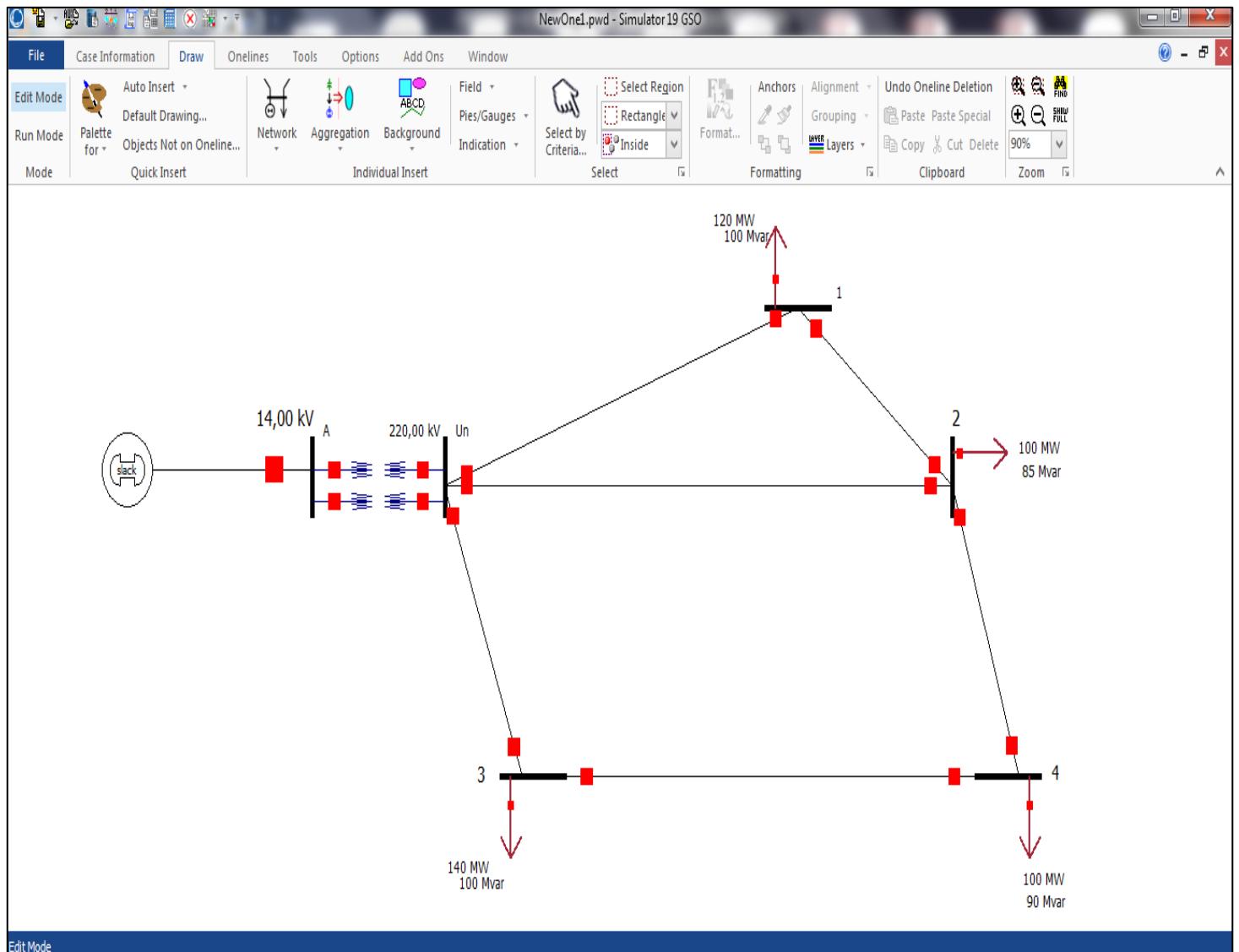
#### **3/-3-Applications :**

- 1-Formation et enseignement : Utilisé dans les universités pour former les étudiants en génie électrique.
- 2-Planification des réseaux : Aide à concevoir des systèmes plus fiables et plus efficaces.
- 3-Exploitation des réseaux : Simulation de scénarios pour la prise de décision.

#### **3/-4-Avantages :**

- Facilité d'utilisation grâce à son interface graphique.
- Puissance de calcul pour les grands réseaux.
- Documentation et support technique riches.

## Réalisation du réseau en powerworld

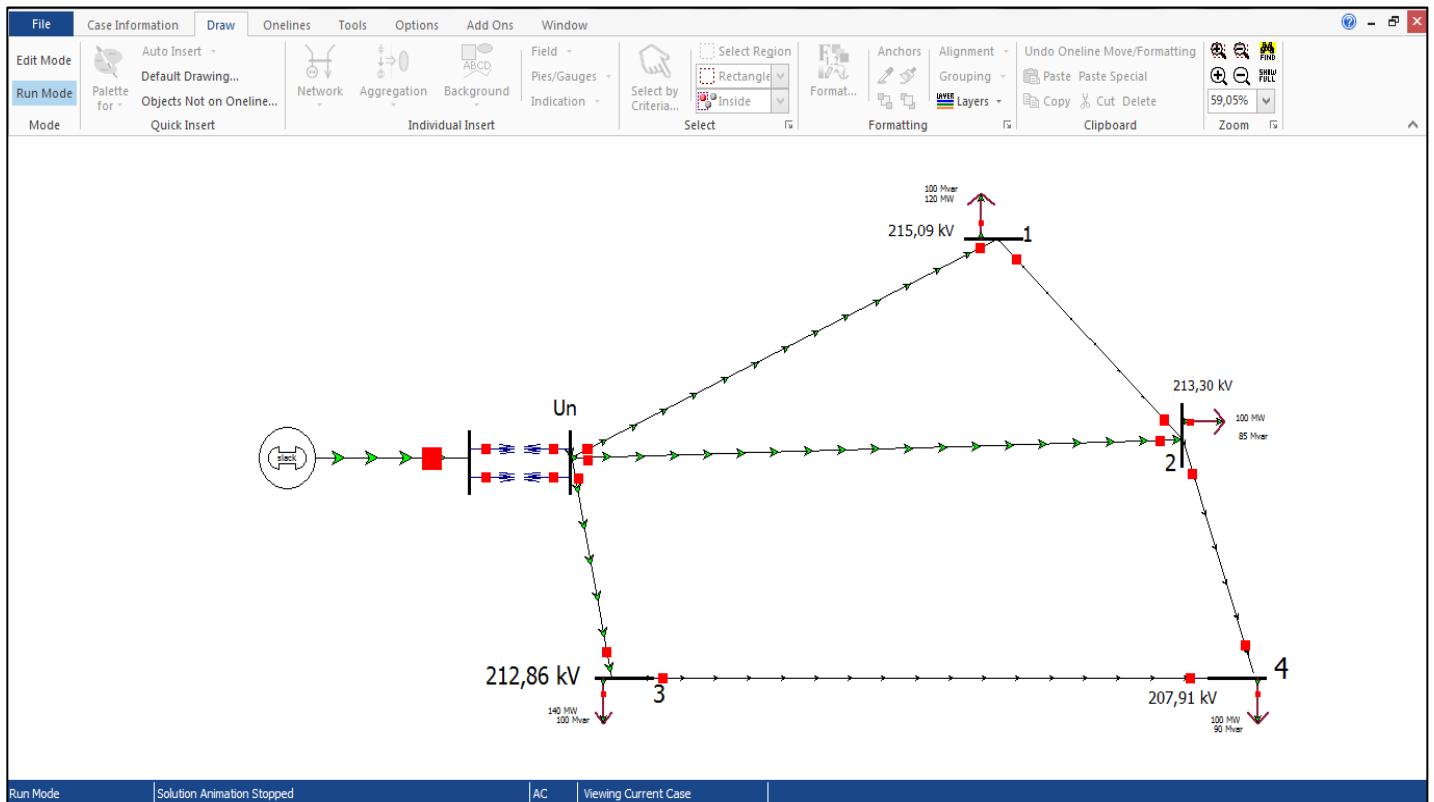


**Fig3.1 :** Réalisation du réseau en Power World

## 4/Les méthodes de calculs de valeurs de tensions :

On trouve les valeurs de tensions des différents nœuds de notre réseau par deux méthodes :

### 4/1- Méthode 01 : Par le powerworld :



**Fig3.2 :** Les tensions des nœuds du régime normal sur le Power World

### 4/1-1-Les tensions :

$$U_1 = 215,09 \text{ [KV]}$$

$$U_2 = 213,30 \text{ [KV]}$$

$$U_3 = 212,86 \text{ [KV]}$$

$$U_4 = 207,91 \text{ [KV]}$$

#### 4/1/2-Les écarts relatifs en (%) des tensions : (+10%)

$$U_i^* (\%) = \frac{U_i - U_n}{U_n} \times 100 \quad (\%)$$

$$U_1^* = \frac{215,09 - 220}{220} \times 100 = -2,23181818182 \quad (\%)$$

$$U_2^* = \frac{213,30 - 220}{220} \times 100 = -3,04545454545 \quad (\%)$$

$$U_3^* = \frac{212,86 - 220}{220} \times 100 = -3,24545454545 \quad (\%)$$

$$U_4^* = \frac{207,91 - 220}{220} \times 100 = -5,49545454545 \quad (\%)$$

The screenshot shows the PowerWorld software interface with the 'Buses' table highlighted. The table contains the following data:

Number	Name	PU Volt	Volt (kV)	Load MW	Load Mvar
1	Un	1,00000	220,00		
2	2 1	0,97769	215,092	120,00	100,00
3	3 2	0,96954	213,298	100,00	85,00
4	4 4	0,94504	207,909	100,00	90,00
5	5 3	0,96752	212,855	140,00	100,00

**Fig3.3 :** Tableau des tensions du powerworld

→ D'après les calculs des écarts de tensions trouvées par le powerworld et le tableau des tensions notre réseau est exploitable car quand les tensions du tableau du powerworld sont bleues cela veut dire que le réseau est exploitable et les écarts sont dans les limites admissibles  $\pm 10\%$ .

#### 4/-2- Méthode 02 : Par programmation matlab (Gauss-Seidel) :

The screenshot shows the MATLAB environment with two windows: the Editor and the Command Window.

**Editor - C:\Users\LENOVO\Documents\codedutension.m\***

```
1 - clc;
2 - clear;
3 - % Données d'impédances
4 - Z12 = 8.4 + i*25.2;
5 - Z23 = 14.4 + i*18.4;
6 - Z13 = 9.1 + i*29.4;
7 - Z34 = 8.45 + i*27.3;
8 - Z14 = 8 + i*21.5;
9 - Z24 = 5.6 + i*15.05;
10 - % Calcul des admittances
11 - Y12 = 1/Z12;
12 - Y23 = 1/Z23;
13 - Y13 = 1/Z13;
14 - Y34 = 1/Z34;
15 - Y14 = 1/Z14;
16 - Y24 = 1/Z24;
17 - % Matrice Ybus - Admittance nodale
18 - Ybus = zeros(4);
19 - Ybus(1,1) = Y12 + Y13 + Y14;
20 - Ybus(2,2) = Y12 + Y23 + Y24;
21 - Ybus(3,3) = Y13 + Y23 + Y34;
22 - Ybus(4,4) = Y14 + Y24 + Y34;
23 -
24 - Ybus(1,2) = -Y12; Ybus(2,1) = -Y12;
25 - Ybus(1,3) = -Y13; Ybus(3,1) = -Y13;
26 - Ybus(1,4) = -Y14; Ybus(4,1) = -Y14;
27 - Ybus(2,3) = -Y23; Ybus(3,2) = -Y23;
28 - Ybus(2,4) = -Y24; Ybus(4,2) = -Y24;
29 - Ybus(3,4) = -Y34; Ybus(4,3) = -Y34;
30 - % Puissances complexes injectées
31 - S = [0, ...
32 -     -(120 + i*100), ...
33 -     -(100 + i*85), ...
34 -     -(140 + i*100), ...
35 -     (100 + i*90)];
36 - % Paramètres de la méthode de Gauss-Seidel
37 - tolerance = 1e-6;
38 - max_iter = 100;
39 -
40 - for iter = 1:max_iter
41 -     V_prev = V;
42 -     for i = 2:4
43 -         sumYV = 0;
44 -         for j = 1:i
45 -             if j ~= i
46 -                 sumYV = sumYV + Ybus(i,j)*V(j);
47 -             end
48 -         end
49 -         V(i) = S(i) / sumYV;
50 -     end
51 -     if norm(V-V_prev) < tolerance
52 -         break;
53 -     end
54 - end
```

**Command Window**

```
Régime Normal
-----
II-1-1 - Les tensions:
U1 = 215.0901238754460 - j11.1747777777500 [KV]
U2 = 213.0579773605450 - j10.26489527216582 [KV]
U3 = 212.4868758326580 - j12.6975235527477 [KV]
U4 = 207.3211256325480 - j15.64894895487900 [KV]

II-1-2 - Les modules:
|U1| = 215.3802150782132 [KV]
|U2| = 213.3051096244885 [KV]
|U3| = 212.8659190793491 [KV]
|U4| = 207.9108913379459 [KV]
```

**Editor - C:\Users\LENOVO\Documents\codedutension.m\***

```
23 -
24 - Ybus(1,2) = -Y12; Ybus(2,1) = -Y12;
25 - Ybus(1,3) = -Y13; Ybus(3,1) = -Y13;
26 - Ybus(1,4) = -Y14; Ybus(4,1) = -Y14;
27 - Ybus(2,3) = -Y23; Ybus(3,2) = -Y23;
28 - Ybus(2,4) = -Y24; Ybus(4,2) = -Y24;
29 - Ybus(3,4) = -Y34; Ybus(4,3) = -Y34;
30 - % Puissances complexes injectées
31 - S = [0, ...
32 -     -(120 + i*100), ...
33 -     -(100 + i*85), ...
34 -     -(140 + i*100), ...
35 -     (100 + i*90)];
36 - % Paramètres de la méthode de Gauss-Seidel
37 - tolerance = 1e-6;
38 - max_iter = 100;
39 -
40 - for iter = 1:max_iter
41 -     V_prev = V;
42 -     for i = 2:4
43 -         sumYV = 0;
44 -         for j = 1:i
45 -             if j ~= i
46 -                 sumYV = sumYV + Ybus(i,j)*V(j);
47 -             end
48 -         end
49 -         V(i) = S(i) / sumYV;
50 -     end
51 -     if norm(V-V_prev) < tolerance
52 -         break;
53 -     end
54 - end
```

**Command Window**

```
Régime Normal
-----
II-1-1 - Les tensions:
U1 = 215.0901238754460 - j11.1747777777500 [KV]
U2 = 213.0579773605450 - j10.26489527216582 [KV]
U3 = 212.4868758326580 - j12.6975235527477 [KV]
U4 = 207.3211256325480 - j15.64894895487900 [KV]

II-1-2 - Les modules:
|U1| = 215.3802150782132 [KV]
|U2| = 213.3051096244885 [KV]
|U3| = 212.8659190793491 [KV]
|U4| = 207.9108913379459 [KV]
```

**Command Window**

```
Régime Normal
-----
II-1-1 - Les tensions:
U1 = 215.0901238754460 - j11.1747777777500 [KV]
U2 = 213.0579773605450 - j10.26489527216582 [KV]
U3 = 212.4868758326580 - j12.6975235527477 [KV]
U4 = 207.3211256325480 - j15.64894895487900 [KV]

II-1-2 - Les modules:
|U1| = 215.3802150782132 [KV]
|U2| = 213.3051096244885 [KV]
|U3| = 212.8659190793491 [KV]
|U4| = 207.9108913379459 [KV]
```

**Fig3.4:** Programmation matlab (gauss-seidel)

#### **4/-2-1-Les tensions :**

$$U_1 = 215,091230754460 - j11,174777777500 \quad [\text{KV}]$$

$$U_2 = 213,0579773605450 - j10,26409527216582 \quad [\text{KV}]$$

$$U_3 = 212,48758326580 - j12,6975235527477 \quad [\text{KV}]$$

$$U_4 = 207,3211256325480 - j15,64894895487900 \quad [\text{KV}]$$

#### **4/-2-2-Les modules des tensions :**

$$|U_1| = 215,09 \quad [\text{KV}]$$

$$|U_2| = 213,30 \quad [\text{KV}]$$

$$|U_3| = 212,86 \quad [\text{KV}]$$

$$|U_4| = 207,91 \quad [\text{KV}]$$

#### **4/-2-3-Les écarts relatifs en (%) des tensions :**

$$U_i^* (\%) = \frac{U_i - U_n}{U_n} \times 100 \quad (\%)$$

$$U_1^* = \frac{215,09 - 220}{220} \times 100 = -2,23181818182 \quad (\%)$$

$$U_2^* = \frac{213,30 - 220}{220} \times 100 = -3,04545454545 \quad (\%)$$

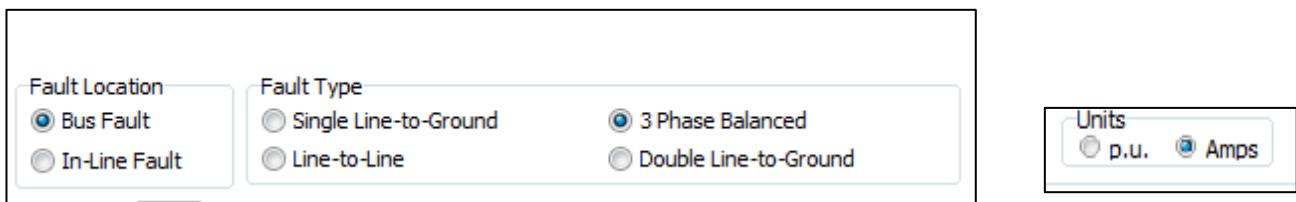
$$U_3^* = \frac{212,86 - 220}{220} \times 100 = -3,24545454545 \quad (\%)$$

$$U_4^* = \frac{207,91 - 220}{220} \times 100 = -5,49545454545 \quad (\%)$$

→ D'après les calculs des écarts de tensions trouvées par le Matlab notre réseau est exploitable car les écarts sont dans les limites admissibles  $\pm 10\%$ .

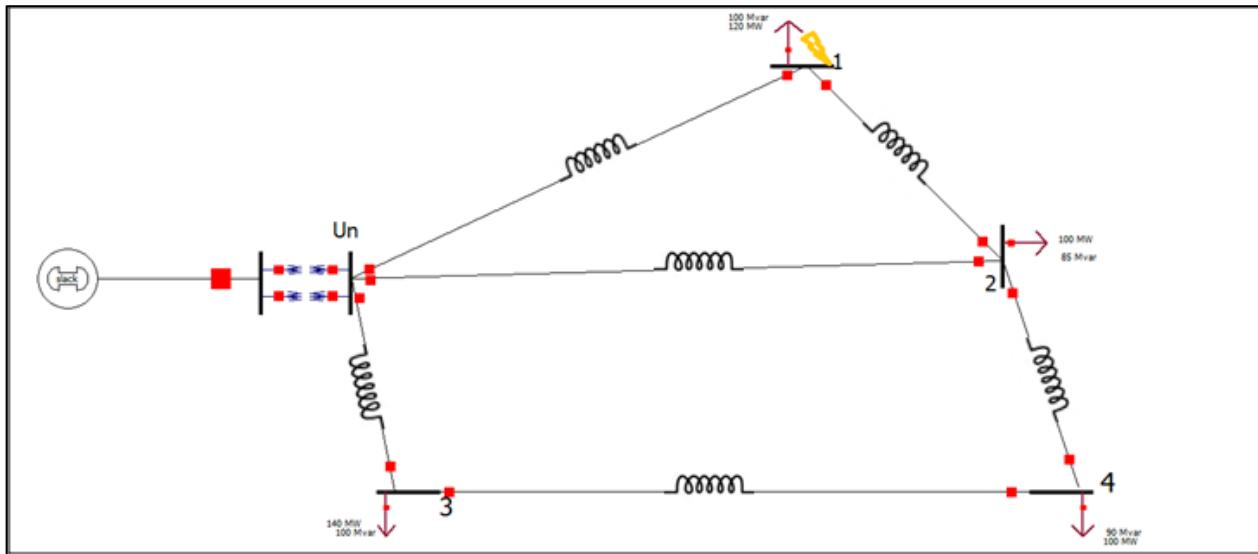
## 5/- Etude du régime de court-circuit du réseau actuel :

On va introduire les tous cas possibles de court-circuit triphasé dans les nœuds et à chaque fois on relève les résultats des courants triphasés donnés par le powerworld.



**Fig 3.5:** Choix du type de court-circuit en powerworld

### 5/- 1- Court-circuit au niveau du nœud 1 :



**Fig 3.6:** Réalisation du C-C au niveau du nœud 1

### 5/- 1- 2- Résultats de C-C au niveau du nœud 1 :

Choose the Faulted Bus								
Sort by <input checked="" type="radio"/> Name <input type="radio"/> Number								
<input checked="" type="checkbox"/> 1 (2) [220,0 kV] <input checked="" type="checkbox"/> 2 (3) [220,0 kV] <input checked="" type="checkbox"/> 3 (5) [220,0 kV] <input checked="" type="checkbox"/> 4 (4) [220,0 kV] <input checked="" type="checkbox"/> Un (1) [220,0 kV]								
<hr/>								
Bus Records	Lines	Generators	Loads	Switched Shunt Buses	Y-Bus Matrices			
From Name	To Name	Phase Cur A From	Phase Cur B From	Phase Cur C From	Phase Cur A To	Phase Cur B To	Phase Cur C To	
1 Un	1	1242,06	1242,06	1242,06	1244,59	1244,59	1244,59	
2 Un	2	291,45	291,45	291,45	295,80	295,80	295,80	
3 Un	3	91,12	91,12	91,12	95,23	95,23	95,23	
4 1	2	312,90	312,90	312,90	312,60	312,60	312,60	
5 2	4	37,86	37,86	37,86	37,24	37,24	37,24	
6 3	4	61,40	61,40	61,40	61,40	61,40	61,40	

**Fig 3.7:** Résultats de C-C au niveau du nœud 1 [A]

	Number of Bus	Name of Bus	Phase Cur A	Phase Cur B	Phase Cur C
1	1	Un	1609,31	1609,31	1609,31

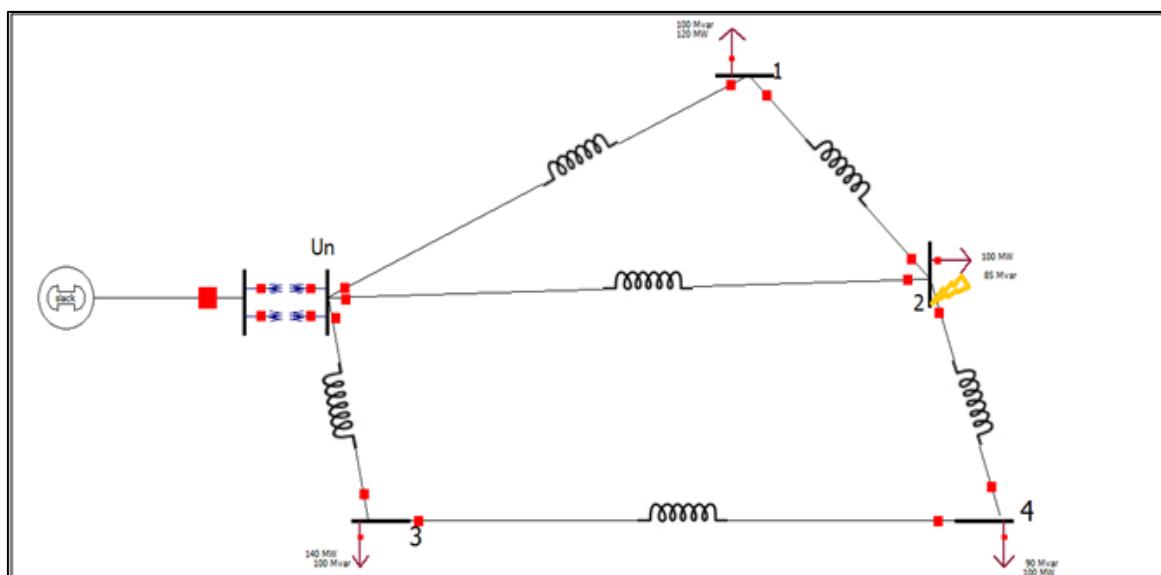
**Fig 3.8:**  $I_{\text{source}}$  de C-C au niveau du nœud 1 [A]

### 5/- 1-3- Les courants des lignes de C-C du nœud 1:

Lignes	Courant de C-C [KA]
$L_1$	1,24
$L_2$	0,31
$L_3$	0,29
$L_4$	0,09
$L_5$	0,06
$L_6$	0,04
$I_{\text{source}}$	1,61

**Tableau 3.1:** Les courants des lignes de C-C du nœud 1

### 5/- 2- Court-circuit au niveau du nœud 2 :



**Fig 3.9:** Réalisation du C-C au niveau du nœud 2

## 5/- 2-2-Résultats de C-C au niveau du nœud 2 :

Choose the Faulted Bus							
<input checked="" type="checkbox"/> Sort by <input checked="" type="radio"/> Name <input type="radio"/> Number							
1 (2) [220,0 kV]							
2 (3) [220,0 kV]							
3 (5) [220,0 kV]							
4 (4) [220,0 kV]							
Un (1) [220,0 kV]							

Bus Records	Lines	Generators	Loads	Switched Shunt Buses	Y-Bus Matrices			
						SORT ABCD	f(x)	Options
From Name	To Name	Phase Cur A From	Phase Cur B From	Phase Cur C From	Phase Cur A To	Phase Cur B To	Phase Cur C To	
1 Un	1	332,08	332,08	332,08	335,82	335,82	335,82	
2 Un	2	1055,40	1055,40	1055,40	1058,34	1058,34	1058,34	
3 Un	3	231,30	231,30	231,30	236,03	236,03	236,03	
4 1	2	311,58	311,58	311,58	311,88	311,88	311,88	
5 2	4	202,09	202,09	202,09	201,95	201,95	201,95	
6 3	4	210,89	210,89	210,89	210,89	210,89	210,89	

**Fig 3.10:** Résultats de C-C au niveau du nœud 2 [A]

	Number of Bus	Name of Bus	Phase Cur A	Phase Cur B	Phase Cur C
1	1	Un	1609,42	1609,42	1609,42

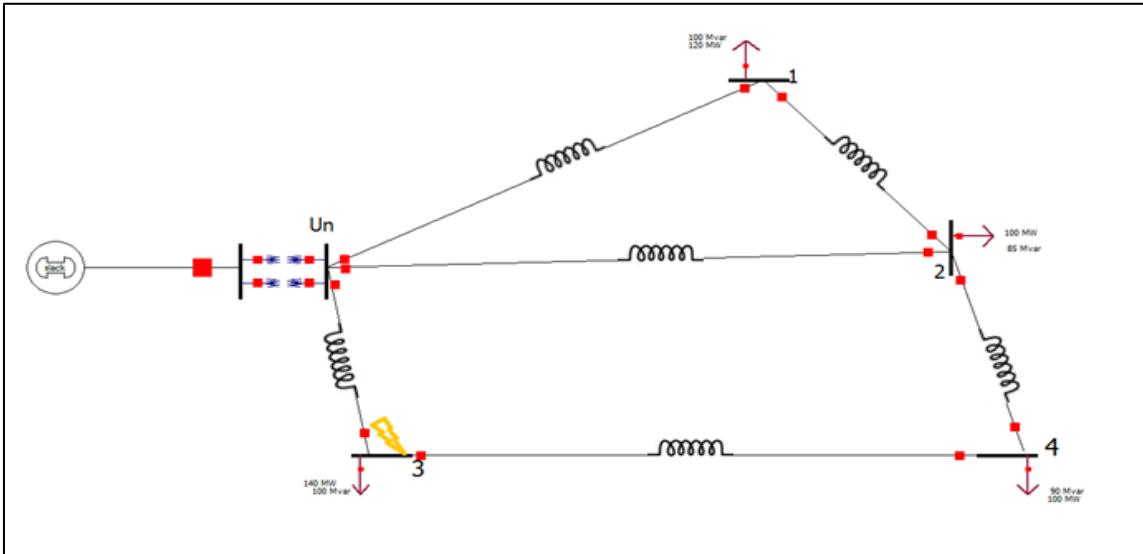
**Fig 3.11:** I<sub>source</sub> de C-C au niveau du nœud 2 [A]

## 5/- 2-3- Les courants des lignes de C-C du nœud 2:

Lignes	Courant de C-C [KA]
L <sub>1</sub>	0,33
L <sub>2</sub>	0,31
L <sub>3</sub>	1,06
L <sub>4</sub>	0,23
L <sub>5</sub>	0,21
L <sub>6</sub>	0,20
I <sub>source</sub>	1,61

**Tableau 3.2:** Les courants des lignes de C-C du nœud 2

### 5/-3- Court-circuit au niveau du nœud 3 :



**Fig 3.12:** Réalisation du C-C au niveau du nœud 3

### 5/-3-2- Résultats de C-C au niveau du nœud 3 :

Choose the Faulted Bus								
<input checked="" type="checkbox"/> Sort by <input type="radio"/> Name <input type="radio"/> Number								
1 (2) [220,0 kV] 2 (3) [220,0 kV] <b>3 (5) [220,0 kV]</b> 4 (4) [220,0 kV] Un (1) [220,0 kV]								
Bus Records	Lines	Generators	Loads	Switched Shunt Buses	Y-Bus Matrices			
	BPT	+.00	.00	ABC	Records	Geo	Set	Columns
					A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>13</sub>	A <sub>14</sub>
					A <sub>21</sub>	A <sub>22</sub>	A <sub>23</sub>	A <sub>24</sub>
					A <sub>31</sub>	A <sub>32</sub>	A <sub>33</sub>	A <sub>34</sub>
					A <sub>41</sub>	A <sub>42</sub>	A <sub>43</sub>	A <sub>44</sub>
					SORT ABCD	f(x)		
	From Name	To Name	Phase Cur A From	Phase Cur B From	Phase Cur C From	Phase Cur A To	Phase Cur B To	Phase Cur C To
1	Un	1	88,11	88,11	88,11	92,66	92,66	92,66
2	Un	2	214,37	214,37	214,37	220,42	220,42	220,42
3	Un	3	1309,92	1309,92	1309,92	1313,06	1313,06	1313,06
4	1	2	57,55	57,55	57,55	58,44	58,44	58,44
5	2	4	254,29	254,29	254,29	254,94	254,94	254,94
6	3	4	240,49	240,49	240,49	240,49	240,49	240,49

**Fig 3.13:** Résultats de C-C au niveau du nœud 3 [A]

	Number of Bus	Name of Bus	Phase Cur A	Phase Cur B	Phase Cur C
1	1	Un	1606,20	1606,20	1606,20

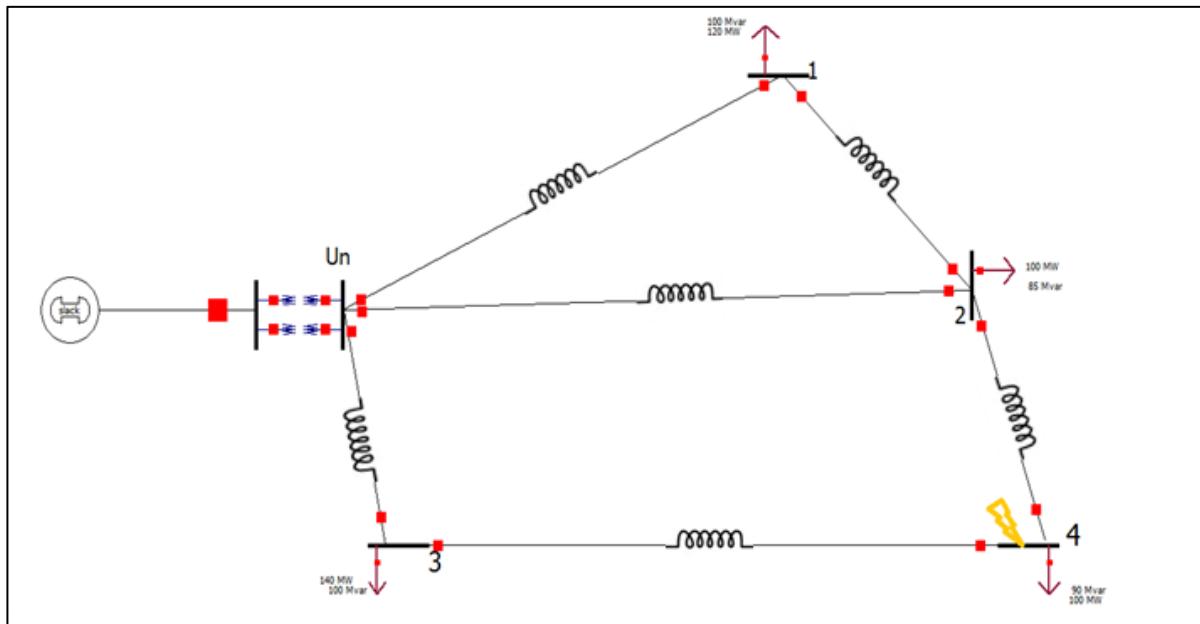
**Fig 3.14:**  $I_{\text{source}}$  de C-C au niveau du nœud 3 [A]

**5/- 3- Les courants des lignes de C-C du nœud 3:**

Lignes	Courant de C-C [KA]
<b>L<sub>1</sub></b>	0,09
<b>L<sub>2</sub></b>	0,06
<b>L<sub>3</sub></b>	0,22
<b>L<sub>4</sub></b>	1,31
<b>L<sub>5</sub></b>	0,24
<b>L<sub>6</sub></b>	0,25
<b>I<sub>source</sub></b>	1,60

**Tableau 3.3 :** Les courants des lignes de C-C du nœud 3

**5/-4- Court-circuit au niveau du nœud 4 :**



**Fig 3.15:** Réalisation du C-C au niveau du nœud 4

### 5/-4-2- Résultats de C-C au niveau du nœud 4 :

Choose the Faulted Bus								
<input type="checkbox"/> Sort by <input checked="" type="radio"/> Name <input type="radio"/> Number								
1 (2) [220,0 kV]								
2 (3) [220,0 kV]								
3 (5) [220,0 kV]								
<b>4 (4) [220,0 kV]</b>								
Un (1) [220,0 kV]								

Bus Records	Lines	Generators	Loads	Switched Shunt Buses	Y-Bus Matrices			
Records	Geo	Set	Columns					
From Name	To Name	Phase Cur A From	Phase Cur B From	Phase Cur C From	Phase Cur A To	Phase Cur B To	Phase Cur C To	
1 Un	1	244,33	244,33	244,33	252,44	252,44	252,44	
2 Un	2	682,91	682,91	682,91	692,79	692,79	692,79	
3 Un	3	672,30	672,30	672,30	681,56	681,56	681,56	
4 1	2	193,43	193,43	193,43	194,81	194,81	194,81	
5 2	4	849,70	849,70	849,70	850,30	850,30	850,30	
6 3	4	637,79	637,79	637,79	637,79	637,79	637,79	

**Fig 3.16:** Résultats de C-C au niveau du nœud 4 [A]

	Number of Bus	Name of Bus	Phase Cur A	Phase Cur B	Phase Cur C
1	1	Un	1590,16	1590,16	1590,16

**Fig 3.17:** I<sub>source</sub> de C-C au niveau du nœud 4 [A]

### 5/-4-3-Les courants des lignes de C-C du nœud 4:

Lignes	Courant de C-C [KA]
L <sub>1</sub>	0,25
L <sub>2</sub>	0,19
L <sub>3</sub>	0,69
L <sub>4</sub>	0,68
L <sub>5</sub>	0,64
L <sub>6</sub>	0,85
I <sub>source</sub>	1,59

**Tableau 3.4:** Les courants des lignes de C-C du nœud 4

## **6/-Résumés des résultats des courants des lignes de C-C des nœuds [KA]:**

Nœuds \ Lignes	1	2	3	4
<b>L1</b>	1,24	0,33	0,09	0,25
<b>L2</b>	0,31	0,31	0,06	0,19
<b>L3</b>	0,29	1,06	0,22	0,22
<b>L4</b>	0,09	0,23	1,31	1,31
<b>L5</b>	0,06	0,21	0,24	0,24
<b>L6</b>	0,04	0,20	0,25	0,85
<b>I<sub>source</sub></b>	1,61	1,61	1,60	1,59

**Tableau 3.5:** Résumés des I<sub>cc</sub> des lignes des 4 nœuds

## **7/- Les valeurs des courants minimaux et maximaux des lignes de C-C des nœuds [KA]:**

Les lignes	I <sub>minimal</sub> [KA]	I <sub>maximal</sub> [KA]
<b>L1</b>	0,09	1,24
<b>L2</b>	0,06	0,31
<b>L3</b>	0,22	1,06
<b>L4</b>	0,09	1,3
<b>L5</b>	0,06	0,24
<b>L6</b>	0,04	0,85
<b>I<sub>source</sub></b>	1,59	1,61

**Tableau 3.6:** les valeurs I<sub>max</sub> et I<sub>min</sub> des C-C des lignes

## **8/-Conclusion :**

- 1-Le courant de court-circuit maximal ( $I_{max}$ ) est crucial pour la dimensionnement des dispositifs de protection (disjoncteurs, fusibles), autrement dis la capacité de coupure de ces dispositifs doit être supérieur au courant de court-circuit maximal attendu à l'endroit où ils sont installés.
- 2-Le courant de court-circuit minimal ( $I_{min}$ ) est important pour assurer que les dispositifs de protection peuvent détecter et éliminer les défauts. Le seuil de déclenchement des protections doit être suffisamment bas pour détecter les courants minimaux donc le  $I_{min}$  nous a permis de régler le seuil de protection.
  - Les courants de court-circuit maximaux varient considérablement d'une ligne à l'autre (de **0,24 kA** pour **L<sub>5</sub>** à **1,3 kA** pour **L<sub>4</sub>**). Cela signifie que les dispositifs de protection installés sur ces lignes devront avoir des pouvoirs de coupure adaptés à ces niveaux.
  - Les courants de court-circuit minimaux sont également différents, ce qui influencera la sensibilité des relais de protection.
  - Le seuil de déclenchement devrait être réglé au-dessus du courant de charge maximal normal de la ligne **L<sub>1</sub>** pour éviter les déclenchements intempestifs.
  - Il devrait également être suffisamment bas pour détecter le courant de court-circuit minimal de **0,06 kA**.
  - Un seuil de courant instantané pourrait être réglé à une valeur inférieure à **1,24 kA** pour un déclenchement rapide en cas de défaut majeur.

**Chapitre 04 :**

**Etude du régime  
après avarie**

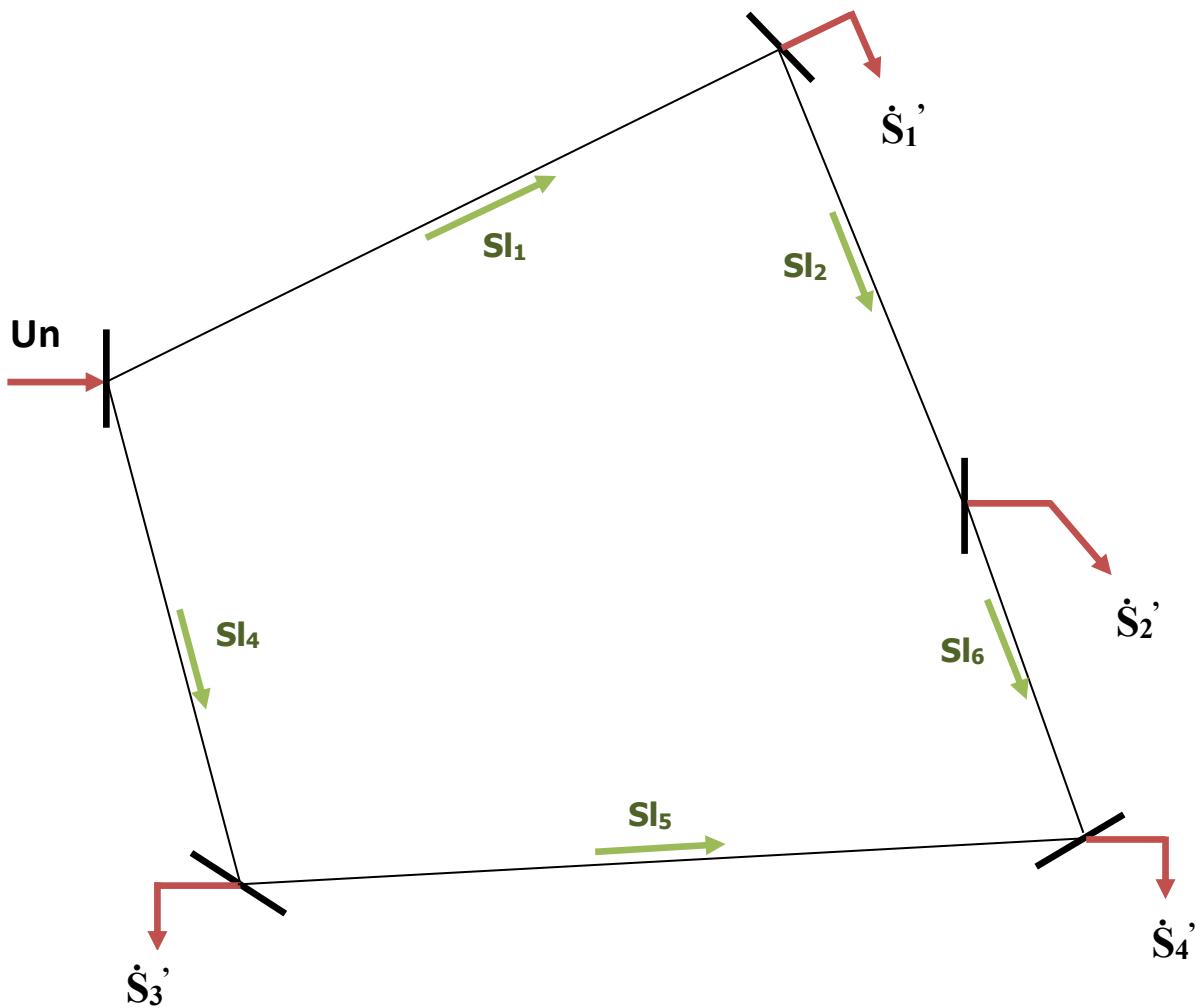
## 1/-Définition d'un régime après avarie :

Est un régime dont il ya une rupture d'une ligne la plus chargée qui présente des problèmes sur le niveau de tension des tronçons seront très chargées.

### 2/-1- Régime après avarie lors de la coupure de la ligne 3 :

#### 2/-1-1 – Par calcul :

##### 2/1-1-1 – Description du réseau lors de l'injection des ( $\Delta QT_{li}$ ) :



##### 2/1-1-2 – Les charges :

$$\dot{S}_1 = \dot{S}_1 - j(\Delta QT_{l1} + \Delta QT_{l2}) = (120+j100) - j(3,93+2,52) = (120+j93,56) \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_2 = \dot{S}_2 - j(\Delta QT_{l2} + \Delta QT_{l6}) = (100+j85) - j(2,52+2,29) = (100+j80,19) \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_3 = \dot{S}_3 - j(\Delta QT_{l4} + \Delta QT_{l5}) = (140+j100) - j(4,25+3,27) = (140+j92,48) \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_4 = \dot{S}_4 - j(\Delta QT_{l5} + \Delta QT_{l6}) = (100+j90) - j(3,27+2,29) = (100+j84,44) \text{ [MVA]}$$

### 2/1-1-3 – Les puissances de transites des lignes :

$$\dot{S}_{L1} = \frac{\dot{S}_1'(\hat{Z}_2 + \hat{Z}_6 + \hat{Z}_5 + \hat{Z}_4) + \dot{S}_2'(\hat{Z}_6 + \hat{Z}_5 + \hat{Z}_4) + \dot{S}_4'(\hat{Z}_5 + \hat{Z}_4) + \dot{S}_3'(\hat{Z}_4)}{\hat{Z}_1 + \hat{Z}_2 + \hat{Z}_4 + \hat{Z}_5 + \hat{Z}_6}$$

$$\hat{Z}_2 + \hat{Z}_6 + \hat{Z}_5 + \hat{Z}_4 = 36,45 - j82,25$$

$$\hat{Z}_6 + \hat{Z}_5 + \hat{Z}_4 = 22,05 - j63,85$$

$$\hat{Z}_5 + \hat{Z}_4 = 16,45 - j48,8$$

$$\hat{Z}_1 + \hat{Z}_2 + \hat{Z}_4 + \hat{Z}_5 + \hat{Z}_6 = 44,85 - j107,45$$

$$\dot{S}_{L1} = \mathbf{198,694779+j151,220592 [MVA]}$$

$$\dot{S}_{L1} = \dot{S}_{L2} + \dot{S}_1 \rightarrow \dot{S}_{L2} = \dot{S}_{L1} - \dot{S}_1$$

$$\dot{S}_{L2} = \mathbf{78,694779+j57,660592 [MVA]}$$

$$\dot{S}_{L2} = \dot{S}_{L6} + \dot{S}_2 \rightarrow \dot{S}_{L6} = \dot{S}_{L2} - \dot{S}_2$$

$$\dot{S}_{L6} = \mathbf{-21,305220-j22,529407 [MVA]}$$

$$\dot{S}_{L6} = \dot{S}_4 - \dot{S}_{L5} \rightarrow \dot{S}_{L5} = \dot{S}_4 - \dot{S}_{L6}$$

$$\dot{S}_{L5} = \mathbf{121,30522+j106,969407 [MVA]}$$

$$\dot{S}_{L4} = \frac{\dot{S}_3'(\hat{Z}_5 + \hat{Z}_6 + \hat{Z}_2 + \hat{Z}_1) + \dot{S}_4'(\hat{Z}_6 + \hat{Z}_2 + \hat{Z}_1) + \dot{S}_2'(\hat{Z}_2 + \hat{Z}_1) + \dot{S}_1'(\hat{Z}_1)}{Z_1 + Z_2 + Z_4 + Z_5 + Z_6}$$

$$\hat{Z}_5 + \hat{Z}_6 + \hat{Z}_2 + \hat{Z}_1 = 61,6 - j54,95$$

$$\hat{Z}_6 + \hat{Z}_2 + \hat{Z}_1 = 28,4 - j58,65$$

$$\hat{Z}_2 + \hat{Z}_1 = 22,8 - j43,6$$

$$\dot{S}_{L4} = \mathbf{184,627228+j210,048349 [MVA]}$$

### 2/1-1-4 – Les tensions :

$$U_1 = U_n - \Delta U_{l1} = 210.3800549785630 - j16.59743884527500 \text{ [KV]}$$

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{l2} = 195.2032697155820 - j14.36931965872500 \text{ [KV]}$$

$$U_3 = U_n - \Delta U_{l4} = 208.7921956285700 - j15.4569785631548 \text{ [KV]}$$

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{l5} = 195.6539148478500 - j10.98732648971587 \text{ [KV]}$$

### 2/1-1-5 – Les modules de tensions :

$$|U_1| = 211.0337473225689 \text{ [KV]}$$

$$|U_2| = 195.7314329766910 \text{ [KV]}$$

$$|U_3| = 209.3635573391436 \text{ [KV]}$$

$$|U_4| = 195.9621793578581 \text{ [KV]}$$

## 2/1-1-6 – Les écarts de tensions :

$$U_1^* = \frac{211.03 - 220}{220} \times 100 = -4,07727272\% \quad (\%)$$

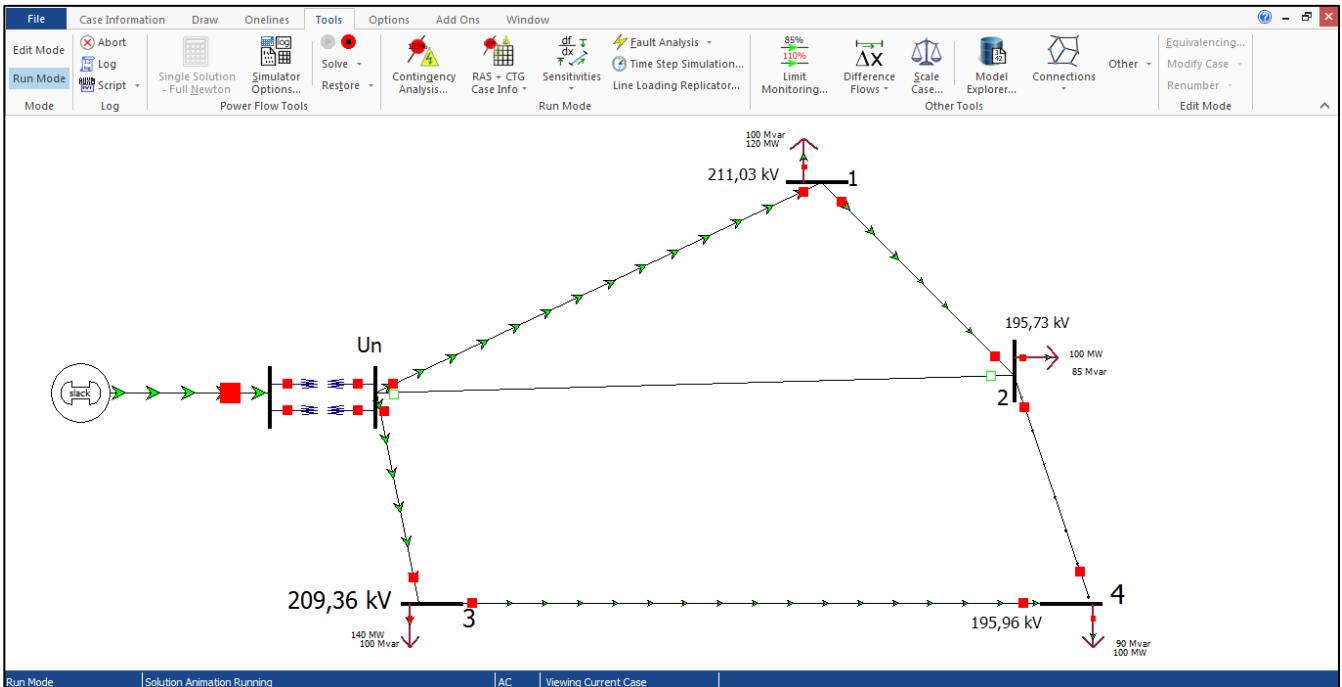
$$U_2^* = \frac{195.73 - 220}{220} \times 100 = -11,03181818\% \quad (\%)$$

$$U_3^* = \frac{209.36 - 220}{220} \times 100 = -4,8363636\% \quad (\%)$$

$$U_4^* = \frac{195.96 - 220}{220} \times 100 = -10,9272727\% \quad (\%)$$

## 2/1-2 – Par le powerworld :

### 2/1-2-1 – Réalisation du réseau :



**Fig 4.1:** Réalisation du réseau lors de coupure de la ligne 3

### 2/1-2-2 – Les tensions :

$$U_1 = 211.03 \text{ [KV]}$$

$$U_2 = 195.73 \text{ [KV]}$$

$$U_3 = 209.36 \text{ [KV]}$$

$$U_4 = 195.96 \text{ [KV]}$$

### 2/1-2-3 – Les écarts de tensions :

$$U_1^* = \frac{211.03 - 220}{220} \times 100 = -4,077272\% \quad (\%)$$

$$U_2^* = \frac{195.73 - 220}{220} \times 100 = -11,031818\% \quad (\%)$$

$$U_3^* = \frac{209.36 - 220}{220} \times 100 = -4,836363\% \quad (\%)$$

$$U_4^* = \frac{195.96 - 220}{220} \times 100 = -10,927272\% \quad (\%)$$

Number	Name	PU Volt	Volt (kV)	Load MW	Load Mvar
1	1 Un	1,00000	220,000		
2	2 1	0,95921	211,026	120,00	100,00
3	3 2	0,88970	195,734	100,00	85,00
4	4 4	0,89071	195,956	100,00	90,00
5	5 3	0,95165	209,364	140,00	100,00

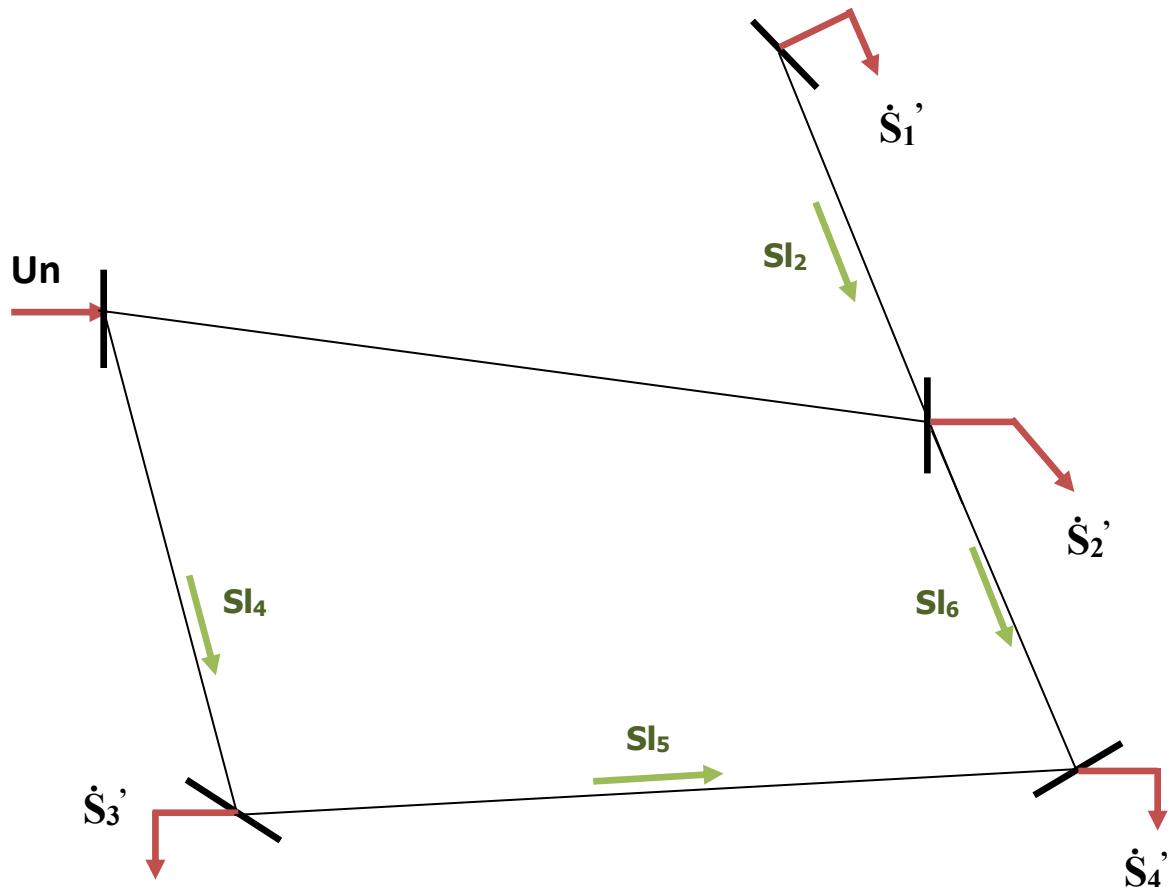
**Fig 4.2:** Tableau des tensions lors de coupure de la ligne 3

→ Les résultats des tensions obtenus par le powerworld et par les calculs lors de la coupure de la ligne 3 montrent que notre réseau n'est pas exploitable autrement dit notre réseau n'est pas dans les limites admissibles dans les points les plus éloignés du réseau (Nœuds 2,4).

### **3/1- Régime après avarie lors de la coupure de la ligne 1 :**

#### **3/1-1 -Par calcul :**

##### **3/1-1-1 -Description du réseau lors de l'injection des ( $\Delta Q T_{li}$ ) :**



### 3/1-1-2 – Les charges :

$$\dot{S}_1 = \dot{S}_1 - j(\Delta Q_{T12}) = (120+j100) - j(2,52) = (120+j97,48) \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_2 = \dot{S}_2 - j(\Delta Q_{T12} + \Delta Q_{T16} + \Delta Q_{T13}) = (100+j85) - j(2,52+2,29+4,57) = (100+j75,62) \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_2'' = \dot{S}_2 - j(\Delta Q_{T12} + \Delta Q_{T16} + \Delta Q_{T13}) + \dot{S}_1 = (100+j85) - j(2,52+2,29+4,57) + (120+j97,48) = (220+j173,1) \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_3 = \dot{S}_3 - j(\Delta Q_{T14} + \Delta Q_{T15}) = (140+j100) - j(4,25+3,27) = (140+j92,48) \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_4 = \dot{S}_4 - j(\Delta Q_{T15} + \Delta Q_{T16}) = (100+j90) - j(3,27+2,29) = (100+j84,44) \text{ [MVA]}$$

### 3/1-1-3 – Les puissances de transites des lignes :

$$\dot{S}_{L3} = \frac{\dot{S}_2''(\hat{Z}_6 + \hat{Z}_5 + \hat{Z}_4) + \dot{S}_4'(\hat{Z}_5 + \hat{Z}_4) + \dot{S}_3'(\hat{Z}_4)}{\hat{Z}_3 + \hat{Z}_6 + \hat{Z}_5 + \hat{Z}_4}$$

$$\hat{Z}_6 + \hat{Z}_5 + \hat{Z}_4 = 22,05 - j63,85$$

$$\hat{Z}_5 + \hat{Z}_4 = 16,45 - j48,8$$

$$\hat{Z}_3 + \hat{Z}_6 + \hat{Z}_5 + \hat{Z}_4 = 31,15 - j93,25$$

$$\dot{S}_{L3} = 243,486407 + j190,801173 \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_{L3} = \dot{S}_2'' + \dot{S}_{L6} \Rightarrow \dot{S}_{L6} = \dot{S}_{L3} - \dot{S}_2''$$

$$\dot{S}_{L6} = 23,486407 + j17,701173 \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_{L5} + \dot{S}_{L6} = \dot{S}_4 \Rightarrow \dot{S}_{L5} = \dot{S}_4 - \dot{S}_{L6}$$

$$\dot{S}_{L5} = 76,513593 + j66,738827 \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_{L4} = \frac{\dot{S}_3'(\hat{Z}_5 + \hat{Z}_6 + \hat{Z}_3) + \dot{S}_4'(\hat{Z}_6 + \hat{Z}_3) + \dot{S}_2''(\hat{Z}_3)}{\hat{Z}_3 + \hat{Z}_4 + \hat{Z}_5 + \hat{Z}_6}$$

$$\dot{S}_{L4} = 256,602758 + j118,887807 \text{ [MVA]}$$

### 3/1-1-4 – Les tensions :

$$U_2 = U_n - \Delta U_{l3} = 206.7662773605450 - j10.96315895658200 \text{ [KV]}$$

$$U_3 = U_n - \Delta U_{l4} = 211.1668758326580 - j13.7699755274770 \text{ [KV]}$$

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{l5} = 203.3411256325480 - j11.75655489548790 \text{ [KV]}$$

$$U_1 = U_2 + \Delta U_{l2} = 187.4930123865854 - j15.36597425777750 \text{ [KV]}$$

### 3/1-1-5 – Les modules de tensions :

$$|U_2| = 207.0567176110089 \text{ [KV]}$$

$$|U_3| = 211.6153625683932 \text{ [KV]}$$

$$|U_4| = 203.6807059014729 \text{ [KV]}$$

$$|U_1| = 188.1216172019764 \text{ [KV]}$$

### 3/1-1-6 – Les écarts de tensions :

$$U_2^* = \frac{207.0567176110089 - 220}{220} \times 100 = -14,4909090 (\%)$$

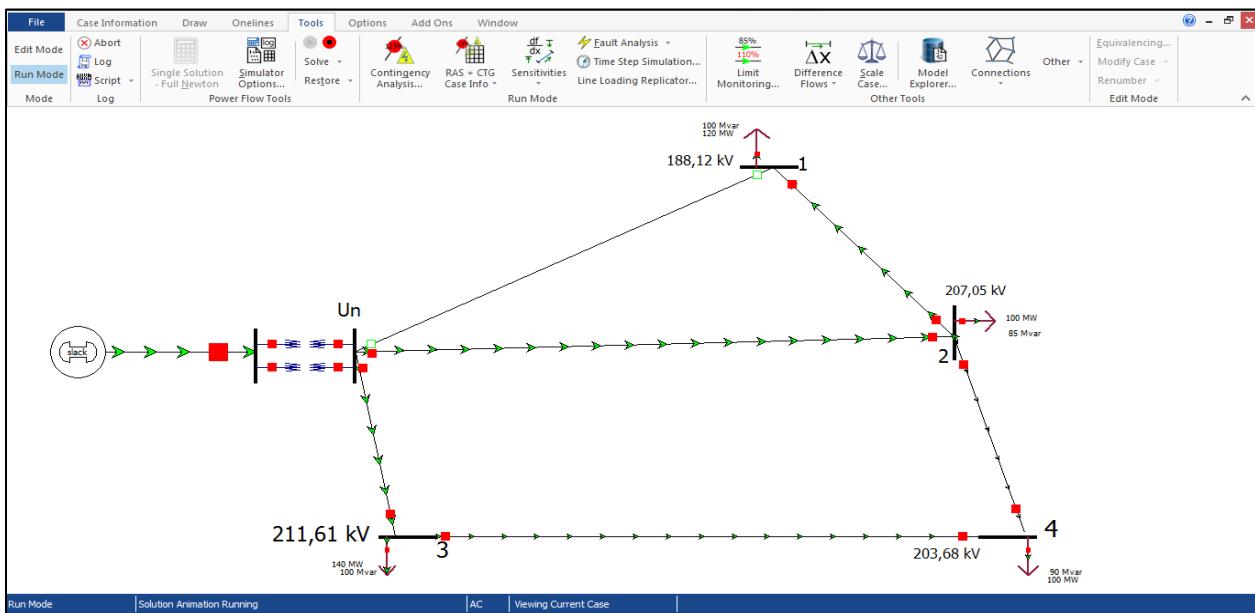
$$U_3^* = \frac{211.6153625683932 - 220}{220} \times 100 = -5,8863636 (\%)$$

$$U_4^* = \frac{203.6807059014729 - 220}{220} \times 100 = -3,81366336 (\%)$$

$$U_1^* = \frac{188.1216172019764 - 220}{220} \times 100 = -7,41818181 (\%)$$

### 3/1-2 – Par le powerworld :

#### 3/1-2-1 – Réalisation du réseau :



**Fig 4.3:** Réalisation du réseau lors de coupure de la ligne 1

### 3/1-2-2 – Les tensions :

$$| U_2 | = 207.05 [\text{KV}]$$

$$| U_3 | = 211.61 [\text{KV}]$$

$$| U_4 | = 203.68 [\text{KV}]$$

$$| U_1 | = 188.12 [\text{KV}]$$

### 3/1-2-6 – Les écarts de tensions :

$$U_2^* = \frac{207.05 - 220}{220} \times 100 = -14,4909090 (\%)$$

$$U_3^* = \frac{211.61 - 220}{220} \times 100 = -5,8863636 (\%)$$

$$U_4^* = \frac{203.68 - 220}{220} \times 100 = -3,81366336 (\%)$$

$$U_1^* = \frac{188.12 - 220}{220} \times 100 = -7,41818181 (\%)$$

File	Case Information	Draw	Onelines	Tools	Options	Add Ons	Window	
Edit Mode	Abort			Solve	Contingency Analysis...	RAS + CTG Case Info...	Fault Analysis	85% 110%
Run Mode	Log	Script	Single Solution - Full Newton	Simulator Options...	Restore	Run Mode	Difference Flows	Limit Monitoring...
Mode	Log		Power Flow Tools				Connections	
							Model Explorer...	Other
							Equivalent...	
							Modify Case...	
							Renumber...	
							Edit Mode	

Explore      Buses

Explore Fields Recent Network

- Branches By Type
- Branches Input
- Branches State
- Buses
- DC Transmission Lin
- Generators
- Impedance Correcti
- Line D-FACTS Device
- Line Shunts
- Loads
- Mismatches
- Multi-Terminal DC
- Switched Shunts
- Three-Winding Tran
- Transformer Contro
- Voltage Control Gro
- VSC DC Transmissio

Aggregations Areas Balancing Authoriti Data Maintainers

Number Name PU Volt Volt (kV) Load MW Load Mvar Gen MW Gen Mvar

Number	Name	PU Volt	Volt (kV)	Load MW	Load Mvar	Gen MW	Gen Mvar
1	1 Un	1,00000	220,000			482,88	364,03
2	2 1	0,85507	188,116	120,00	100,00		
3	3 2	0,94115	207,053	100,00	85,00		
4	4 4	0,92581	203,678	100,00	90,00		
5	5 3	0,96188	211,614	140,00	100,00		

Open New Explorer Search Search Now Options

Run Mode Solution Animation Running AC Viewing Current Case

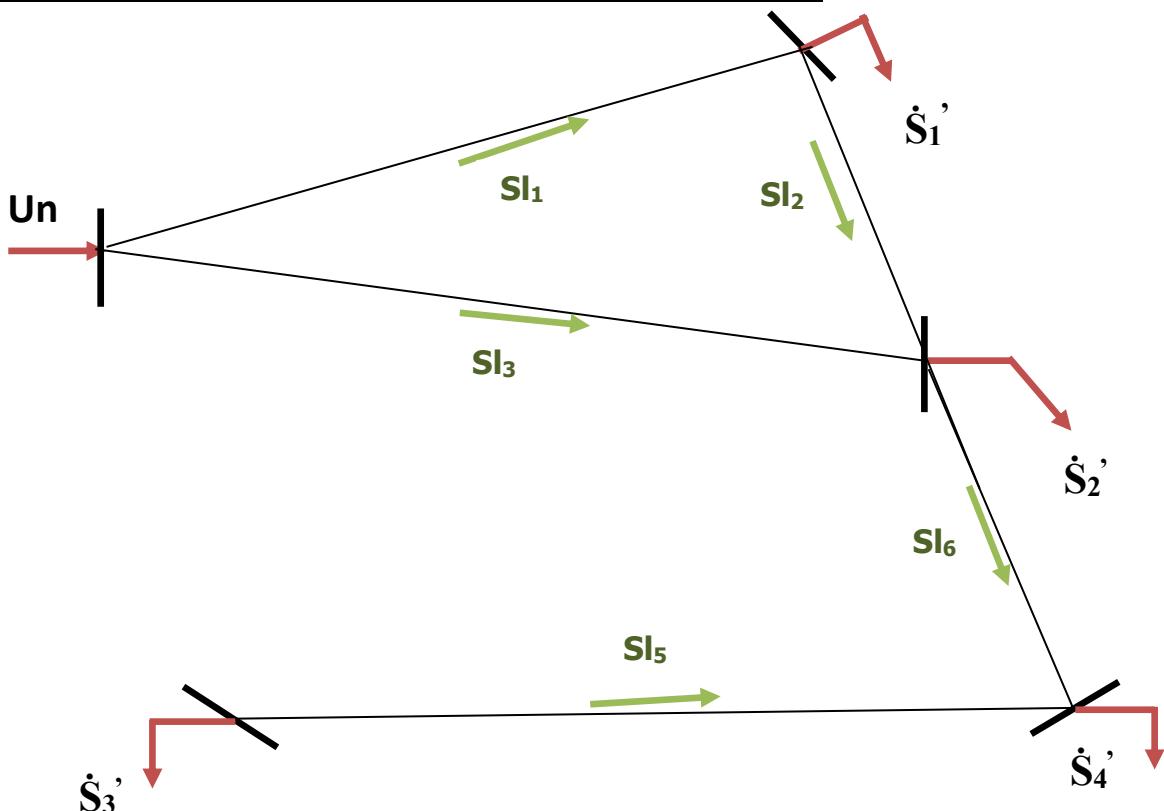
**Fig 4.4:** Tableau des tensions lors de coupure de la ligne 1

→ Les résultats des tensions obtenus par le powerworld et par les calculs lors de la coupure de la ligne 1 montrent que notre réseau n'est pas exploitable autrement dit notre réseau n'est pas dans les limites admissibles dans le point le plus éloigné du réseau (nœud 1).

#### **4/1- Régime après avarie lors de la coupure de la ligne 4:**

##### **4/1-1 – Par calcul :**

###### **4/1-1-1 – Description du réseau lors de l'injection des ( $\Delta QT_{li}$ ) :**



#### 4/1-1-2 – Les charges :

$$\dot{S}_1 = \dot{S}_1 - j(\Delta Q_{T11} + \Delta Q_{T12}) = (120+j100) - j(3,93+2,52) = (120+j93,56) \text{ [MVA]} .$$

$$\dot{S}_2 = \dot{S}_2 - j(\Delta Q_{T12} + \Delta Q_{T16} + \Delta Q_{T13}) = (100+j85) - j(2,52+2,29+4,57) = (100+j75,62) \text{ [MVA]} .$$

$$\dot{S}_3 = \dot{S}_3 - j(\Delta Q_{T15}) = (140+j100) - j(3,27) = (140+j96,73) \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_4 = \dot{S}_4 - j(\Delta Q_{T15} + \Delta Q_{T16}) = (100+j90) - j(3,27+2,29) = (100+j93,56) \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_2'' = \dot{S}_2' + \dot{S}_3' + \dot{S}_4' = (340+j265,91) \text{ [MVA]}$$

#### 4/1-1-3 – Les puissances de transites des lignes :

$$\dot{S}_{L1} = \frac{\dot{S}_1'(\hat{Z}_2 + \hat{Z}_3) + \dot{S}_2'(\hat{Z}_3)}{\hat{Z}_1 + \hat{Z}_2 + \hat{Z}_3}$$

$$\hat{Z}_2 + \hat{Z}_3 = 23,5 - j47,8$$

$$\hat{Z}_1 + \hat{Z}_2 + \hat{Z}_3 = 31,9 - j73$$

$$\dot{S}_{L1} = \mathbf{219,328888+j153,525074} \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_{L1} = \dot{S}_{L2} + \dot{S}_1 \Rightarrow \dot{S}_{L2} = \dot{S}_{L1} - \dot{S}_1$$

$$\dot{S}_{L2} = \mathbf{99,328888+j59,965074} \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_{L3} = \frac{\dot{S}_2''(\hat{Z}_2 + \hat{Z}_1) + \dot{S}_1'(\hat{Z}_1)}{\hat{Z}_1 + \hat{Z}_2 + \hat{Z}_3}$$

$$\dot{S}_{L3} = \mathbf{240,671111+j205,944925} \text{ [MVA]}$$

#### 4/1-1-4 – Les tensions :

$$U_1 = U_n - \Delta U_{l1} = 212.4882314759310 - j10.784548 \text{ [KV]}$$

$$U_2 = U_n - \Delta U_{l3} = 202.7912128756580 - j12.425484 \text{ [KV]}$$

$$U_4 = U_2 - \Delta U_{l6} = 156.4128697826880 - j9.649753 \text{ [KV]}$$

$$U_3 = U_4 + \Delta U_{l5} = 176.2353264852150 - j14.156974 \text{ [KV]}$$

#### 4/1-1-5 – Les modules de tensions :

$$|U_1| = 212.7617329392188 \text{ [KV]}$$

$$|U_2| = 203.1715252975545 \text{ [KV]}$$

$$|U_3| = 156.7102535620146 \text{ [KV]}$$

$$|U_4| = 176.8030266398555 \text{ [KV]}$$

#### 4/1-1-6 – Les écarts de tensions :

$$U_1^* = \frac{212.7617329392188 - 220}{220} \times 100 = -3,290909 (\%)$$

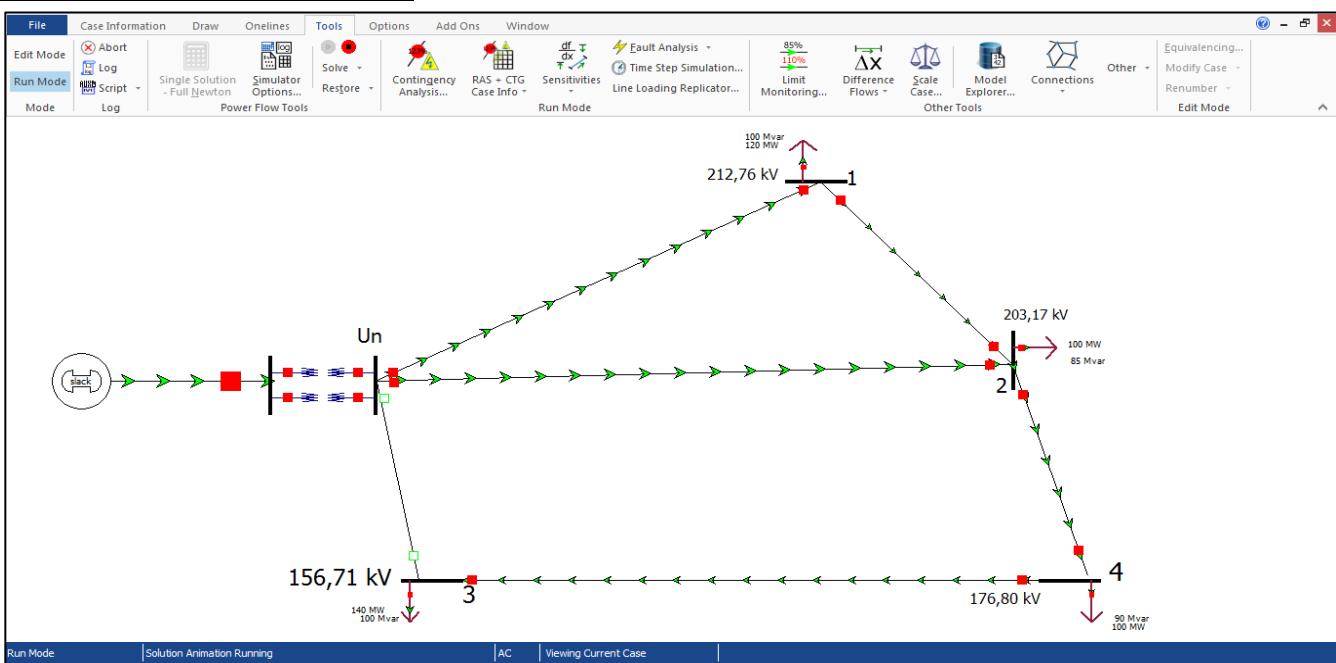
$$U_2^* = \frac{203.1715252975545 - 220}{220} \times 100 = -7,65 (\%)$$

$$U_3^* = \frac{156.7102535620146 - 220}{220} \times 100 = -19,636363 (\%)$$

$$U_4^* = \frac{176.8030266398555 - 220}{220} \times 100 = -28,768181 (\%)$$

#### 4/1-2 – Par le powerworld :

##### 4/1-2-1- Réalisation du réseau :



**Fig 4.5:** Réalisation du réseau lors de coupure de la ligne 4

##### 4/1-2-2 – Les tensions :

$$U_1 = 212.76 [\text{KV}]$$

$$U_2 = 203.17 [\text{KV}]$$

$$U_3 = 156.71 [\text{KV}]$$

$$U_4 = 176.80 [\text{KV}]$$

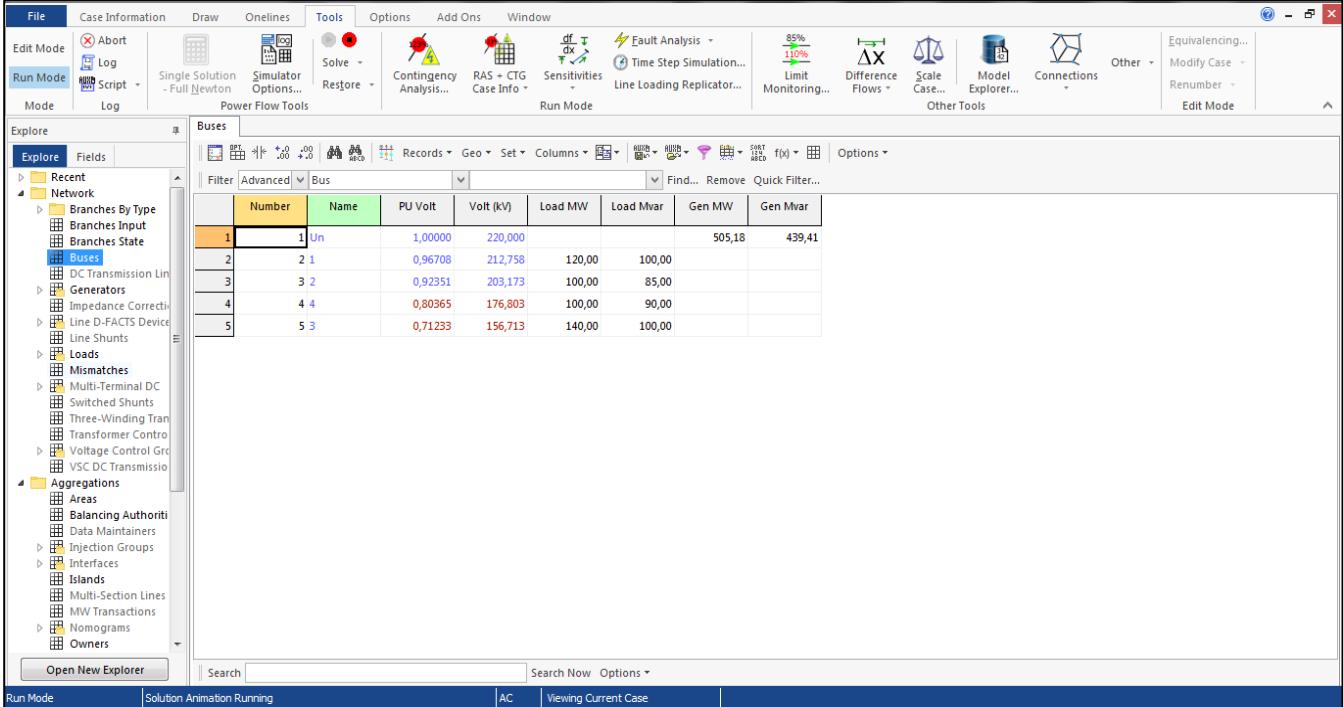
#### 4/1-2-3 – Les écarts relatifs des tensions :

$$U_1^* = \frac{212.76 - 220}{220} \times 100 = -3,290909 (\%)$$

$$U_2^* = \frac{203.17 - 220}{220} \times 100 = -7,65 (\%)$$

$$U_3^* = \frac{156.71 - 220}{220} \times 100 = -19,636363 (\%)$$

$$U_4^* = \frac{176.80 - 220}{220} \times 100 = -28,768181 (\%)$$



**Fig 4.6:** Tableau des tensions lors de coupure de la ligne 4

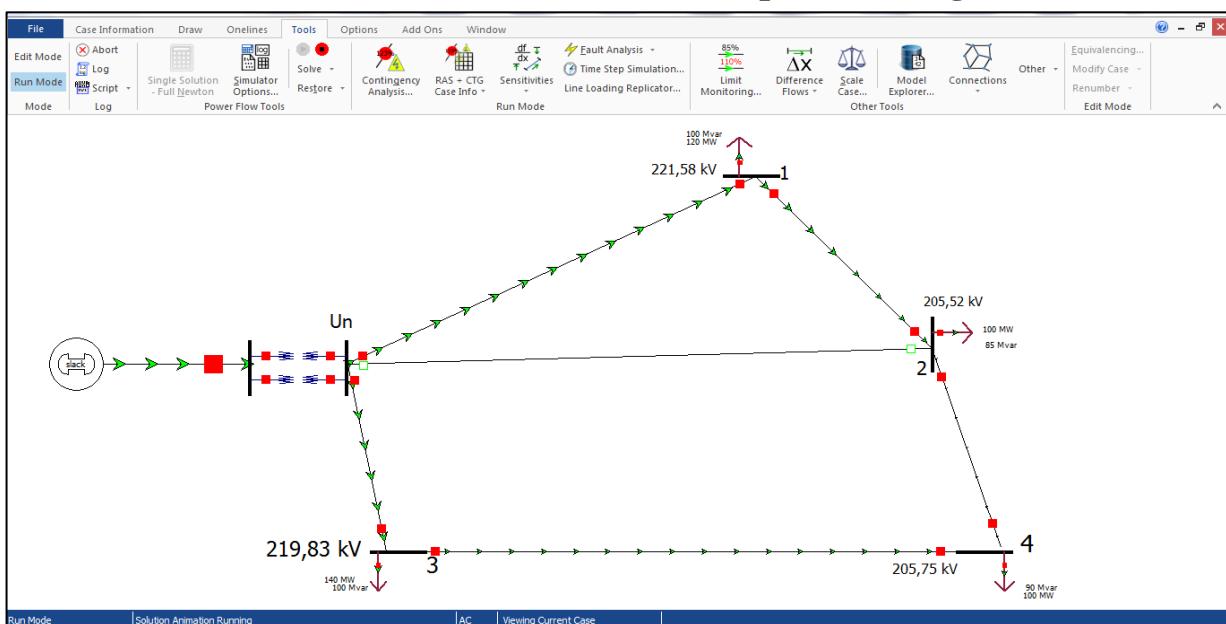
→ Les résultats des tensions obtenus par le powerworld et par les calculs lors de la coupure de la ligne 4 montrent que notre réseau n'est pas exploitable autrement dit notre réseau n'est pas dans les limites admissibles dans le point le plus éloigné du réseau (nœud 3,4).

## 5/-Résolution du problème :

Pour que la tension des points les plus éloignés des réseaux dont notre cas ne dépasse pas les limites admissibles, on augmente la tension de la source +5%.

$$U_{sn} = 1.05 U_n = 1.05 \times 220 = 231 \text{ [KV]}$$

### 5-1-1- réalisation du réseau avec +5% Us lors de coupure de la ligne 3 :



**Fig 4.7:** Réalisation du réseau avec Us+5% lors de coupure de la ligne 3

## 5/-1-2- Les tensions :

$U_1 = 221,58 \text{ [KV]}$

$U_2 = 205,52 \text{ [KV]}$

$U_3 = 219,83 \text{ [KV]}$

$U_4 = 205,75 \text{ [KV]}$

## 5/-1-3 – Les écarts relatifs des tensions :

$$U_1^* = \frac{221,58 - 231}{231} \times 100 = -4,077272727 \text{ (%)}$$

$$U_2^* = \frac{205,52 - 231}{231} \times 100 = -11,03030303 \text{ (%)}$$

$$U_3^* = \frac{219,83 - 231}{231} \times 100 = -4,8354978355 \text{ (%)}$$

$$U_4^* = \frac{205,75 - 231}{231} \times 100 = -10,93073593 \text{ (%)}$$

	Number	Name	PU Volt	Volt (kV)	Load MW	Load Mvar	Gen MW	Gen Mvar
1	1	Un	1,00000	231,000			480,07	364,96
2	2	1	0,95921	221,577	120,00	100,00		
3	3	2	0,88970	205,521	100,00	85,00		
4	4	4	0,89071	205,754	100,00	90,00		
5	5	3	0,95165	219,832	140,00	100,00		

**Fig 4.8:** Tableau des tensions avec  $U_s + 5\%$  lors de coupure de la ligne 3

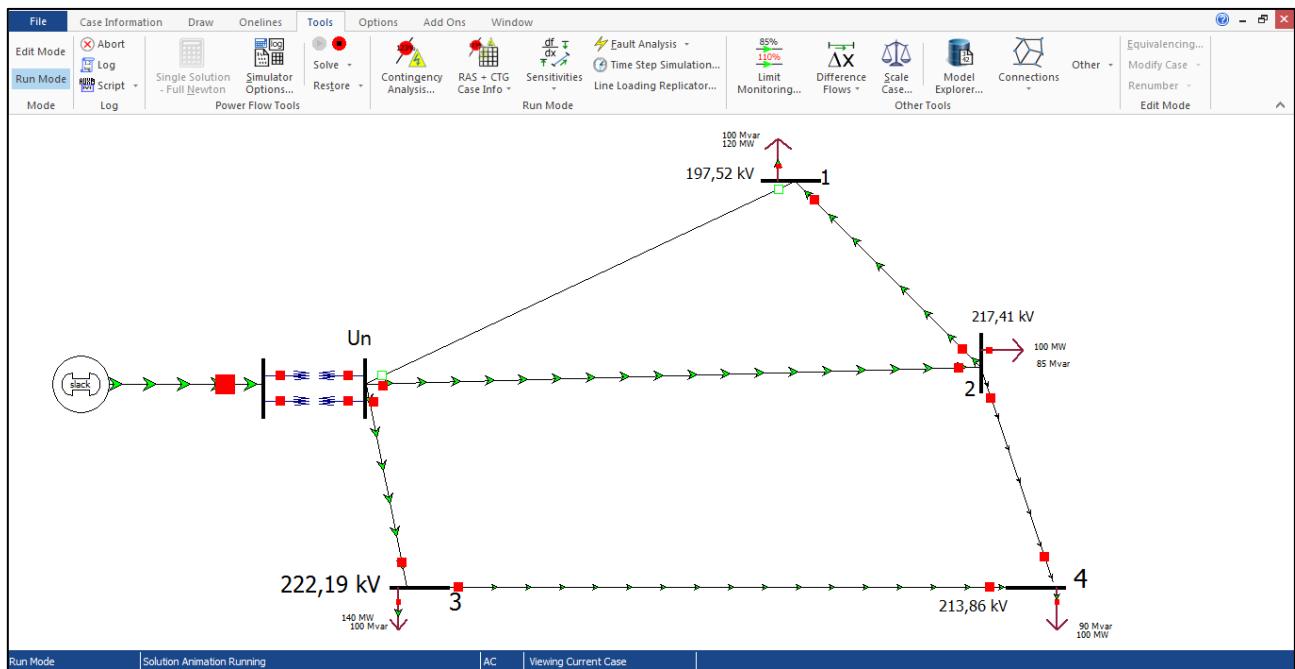
## 5/-1-4– Disposition des tensions dans le réseau :

Nœuds	$\Delta U \text{ (%) } (\pm 10\%)$
1	-4,077272727
2	-11,03030303
3	-4,8354978355
4	-10,93073593

**Tableau 4.1:** Disposition des tensions lors de coupure de la ligne 3

→ D'après les écarts et les tensions des nœuds données par le powerworld lors de la coupure la ligne 3, on conclue que même après l'augmentation de la tension de la source +5% notre réseau est encore non exploitable et les écarts ne sont pas dans les limites admissibles.

## 5/-2/-1- réalisation du réseau avec +5% Us lors de coupure de la ligne 1 :



**Fig 4.9:** Réalisation du réseau avec Us +5% lors de coupure de la ligne 1

### 5/-2/-2- Les tensions :

$$U_1 = 197,52 \text{ [KV]}$$

$$U_2 = 217,41 \text{ [KV]}$$

$$U_3 = 222,19 \text{ [KV]}$$

$$U_4 = 213,86 \text{ [KV]}$$

### 5/-2/-3 – Les écarts relatifs des tensions :

$$U_1^* = \frac{197,52 - 231}{231} \times 100 = -14,4935064 \text{ (%)}$$

$$U_2^* = \frac{217,41 - 231}{231} \times 100 = -5,88311688 \text{ (%)}$$

$$U_3^* = \frac{222,19 - 231}{231} \times 100 = -3,81385281 \text{ (%)}$$

$$U_4^* = \frac{213,86 - 231}{231} \times 100 = -7,41991342 \text{ (%)}$$

	Number	Name	PU Volt	Volt (kV)	Load MW	Load Mvar	Gen MW	Gen Mvar
1	1	Un	1,00000	231,000			482,88	364,03
2	2	1	0,85507	197,522	120,00	100,00		
3	3	2	0,94115	217,405	100,00	85,00		
4	4	4	0,92581	213,862	100,00	90,00		
5	5	3	0,96188	222,195	140,00	100,00		

**Fig 4.10:** Tableau des tensions avec Us+5% lors de coupure de la ligne 1

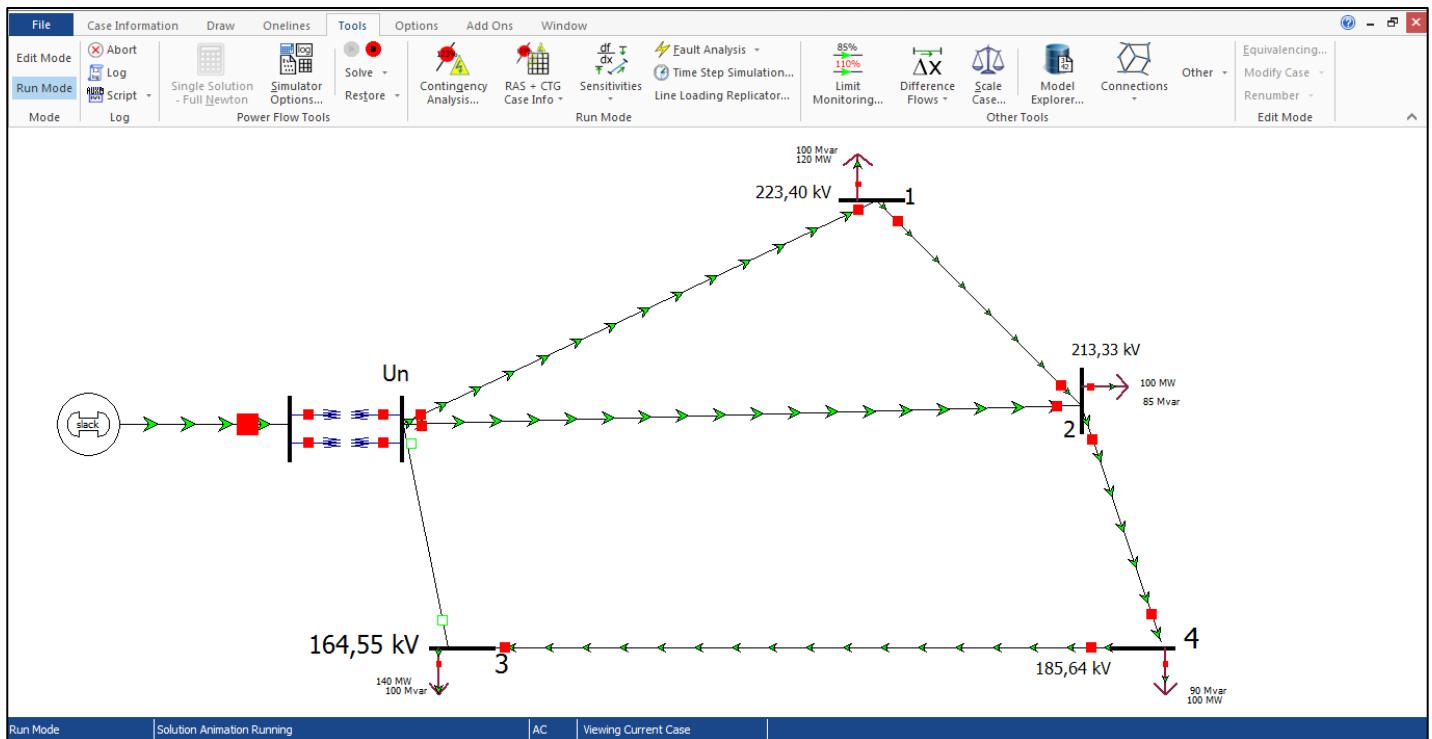
## 5/-2-4– Disposition des tensions dans le réseau :

Nœuds	$\Delta U (\%) (= \pm 10\%)$
1	-14,4935064
2	-5,88311688
3	-3,81385281
4	-7,41991342

**Tableau 4.2:** Disposition des tensions lors de coupure de la ligne 1

→ D'après les écarts et les tensions des nœuds données par le powerworld lors de la coupure la ligne 1, on conclure que même après l'augmentation de la tension de la source +5% notre réseau est encore non exploitable et les écarts ne sont pas dans les limites admissibles.

## 5/-3-1- réalisation du réseau avec Us+5% lors de coupure de la ligne 4 :



**Fig 4.11:** Réalisation du réseau avec Us+5% lors de coupure de la ligne 4

## 5/-3-2- Les tensions :

$$U_1 = 223,40 \text{ [KV]}$$

$$U_2 = 213,33 \text{ [KV]}$$

$$U_3 = 164,55 \text{ [KV]}$$

$$U_4 = 185,64 \text{ [KV]}$$

### 5/-3-3 – Les écarts relatifs des tensions :

$$U_1^* = \frac{223,40 - 231}{231} \times 100 = -3,29004329 (\%)$$

$$U_2^* = \frac{213,33 - 231}{231} \times 100 = -7,64935064 (\%)$$

$$U_3^* = \frac{164,55 - 231}{231} \times 100 = -28,7662337 (\%)$$

$$U_4^* = \frac{185,64 - 231}{231} \times 100 = -19,63636363 (\%)$$

	Number	Name	PU Volt	Volt (kV)	Load MW	Load Mvar	Gen MW	Gen Mvar
1	1	Un	1,00000	231,000			505,18	439,41
2	2	1	0,96708	223,396	120,00	100,00		
3	3	2	0,92351	213,332	100,00	85,00		
4	4	4	0,80365	185,643	100,00	90,00		
5	5	3	0,71233	164,549	140,00	100,00		

**Fig 4.12:** Tableau des tensions avec Us+5% lors de coupure de la ligne 4

### 5/-3-4– Disposition des tensions dans le réseau :

Nœuds	$\Delta U$ (%) ( $=\pm 10\%$ )
1	-3,29004329
2	-7,64935064
3	-28,7662337
4	-19,63636363

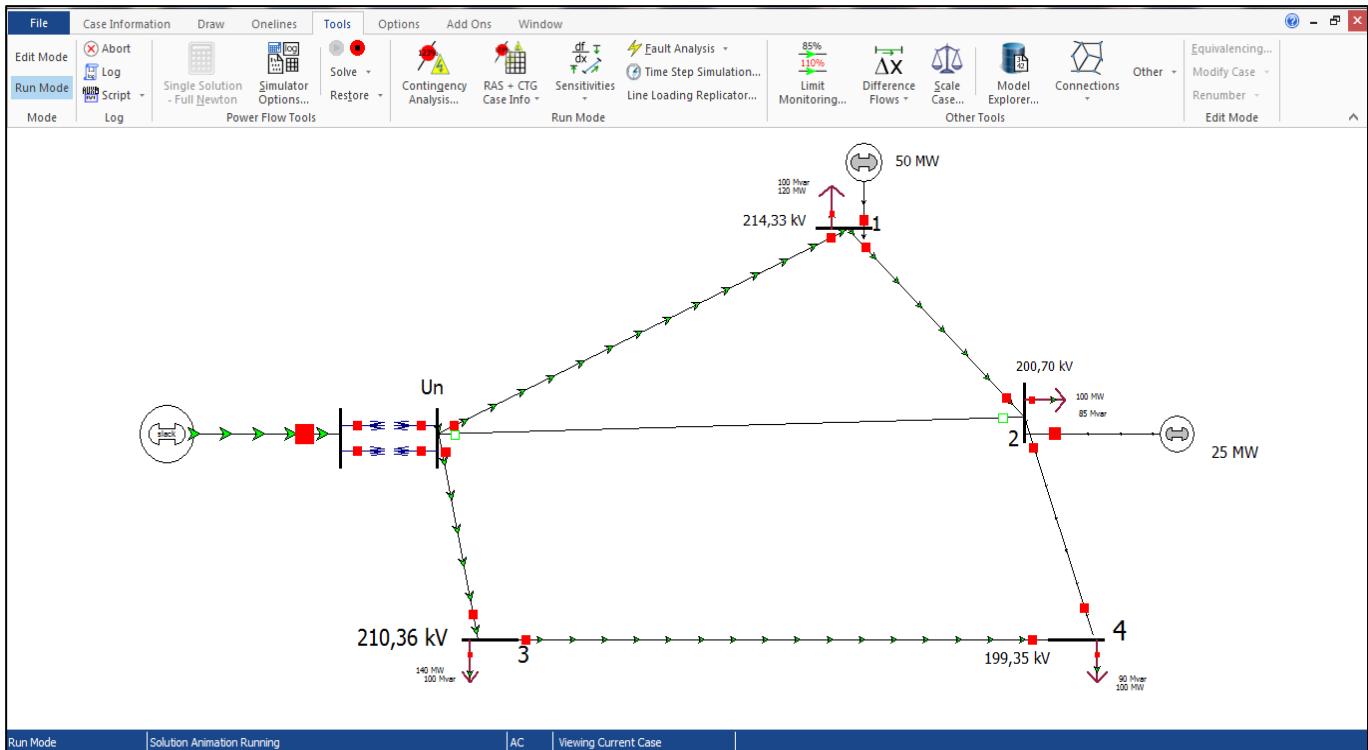
**Tableau 4.3:** Disposition des tensions lors de coupure de la ligne 4

→ D'après les écarts et les tensions des nœuds données par le powerworld lors de la coupure la ligne 4, on conclure que même après l'augmentation de la tension de la source +5% notre réseau est encore non exploitable et les écarts ne sont pas dans les limites admissibles.

## 6/-Injection des énergies renouvelables :

### 6/-1-Injection d'énergie renouvelable lors de coupure de ligne 3 :

#### 6/-1-A-Variante 1 :



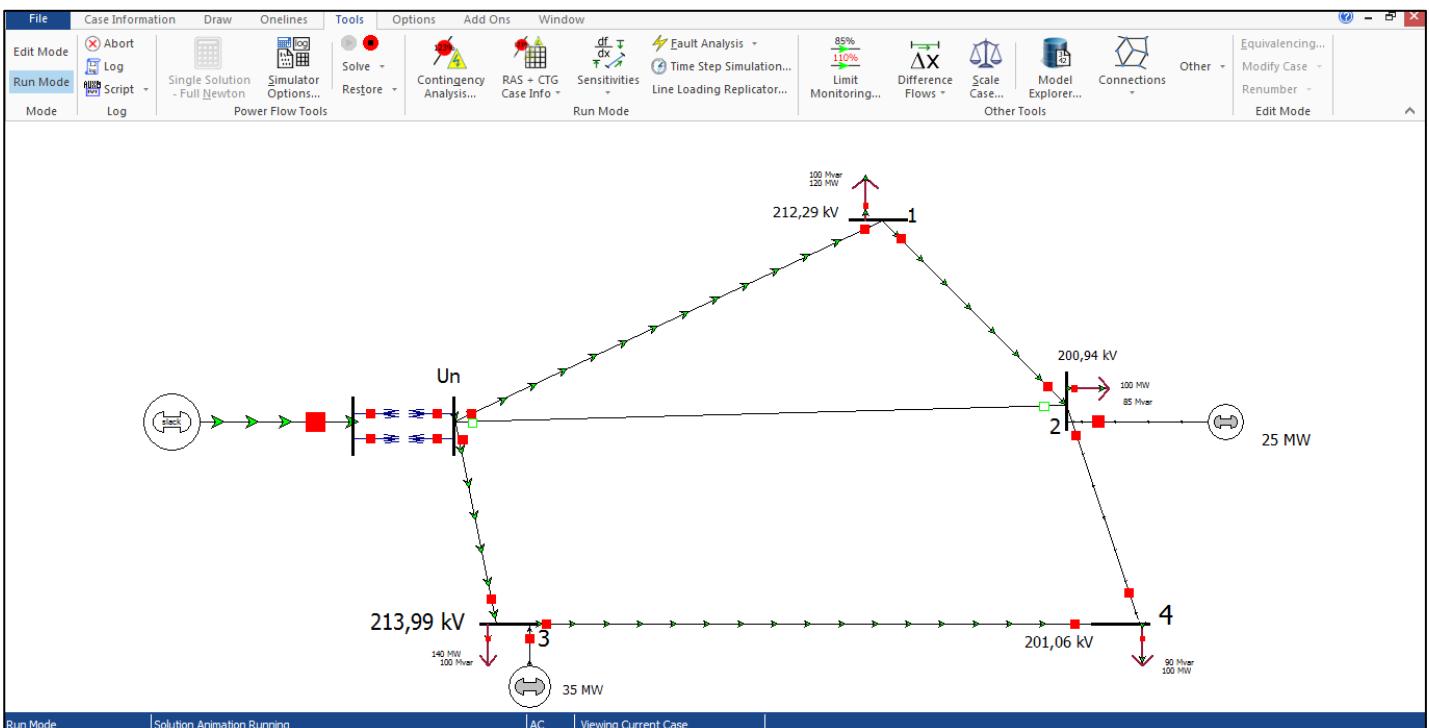
**Fig 4.13:** injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L3 variante 1

The figure shows a software interface with a toolbar at the top containing various icons for data entry and analysis. Below the toolbar is a search/filter bar with fields for 'Filter', 'Advanced', 'Bus', and buttons for 'Find...', 'Remove', and 'Quick Filter...'. The main area is a table with columns: Number, Name, PU Volt, Volt (kV), Load MW, and Load Mvar. The table data is as follows:

	Number	Name	PU Volt	Volt (kV)	Load MW	Load Mvar
1	1	Un	1,00000	220,000		
2	2	1	0,97423	214,331	120,00	100,00
3	3	2	0,91228	200,701	100,00	85,00
4	4	4	0,90612	199,346	100,00	90,00
5	5	3	0,95617	210,357	140,00	100,00

**Fig 4.14:** tableau de tension après l'injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L3 variante 1

## 6/-1-B-Variante 2 :

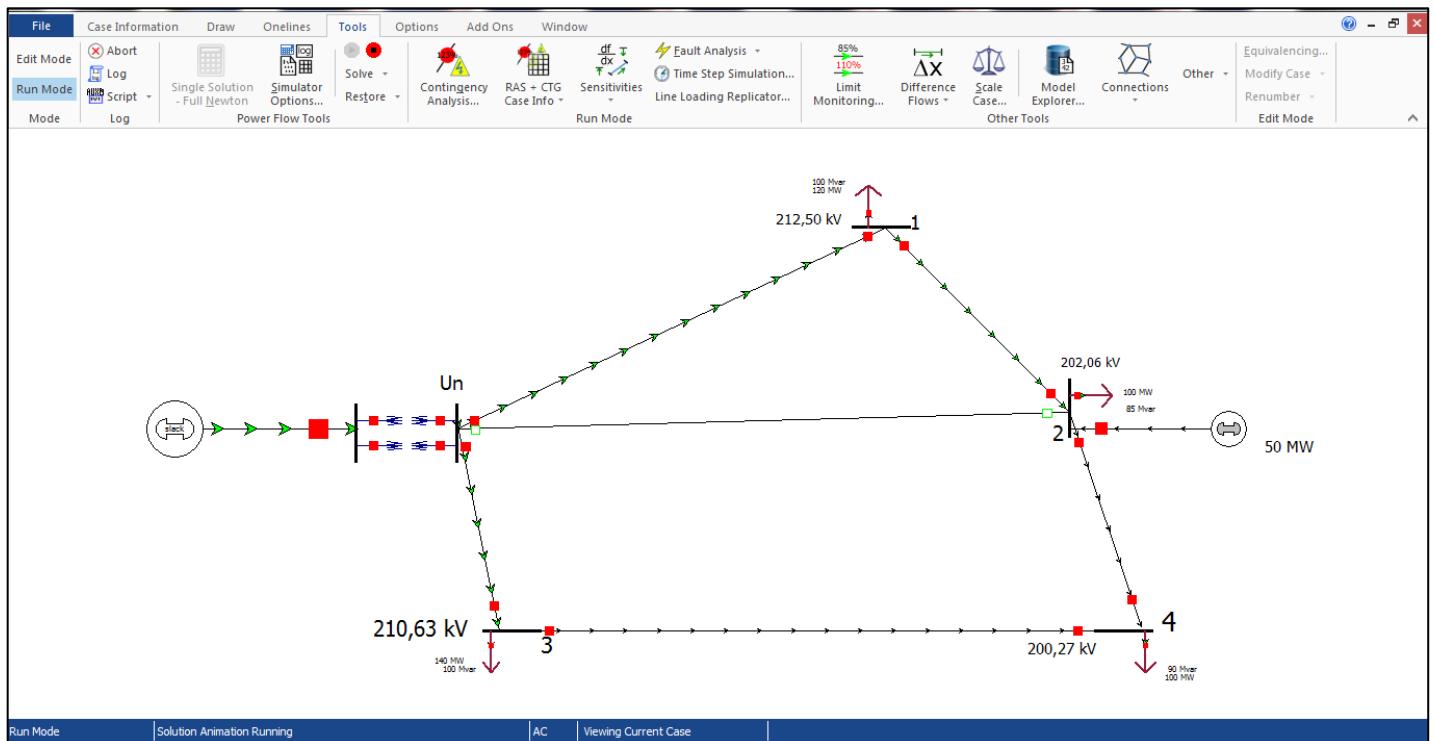


**Fig 4.15:** injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L3 variante 2

Records						
Bus						
Number	Name	PU Volt	Volt (kV)	Load MW	Load Mvar	
1	1 Un	1,00000	220,000			
2	2 1	0,96495	212,290	120,00	100,00	
3	3 2	0,91335	200,938	100,00	85,00	
4	4 4	0,91391	201,061	100,00	90,00	
5	5 3	0,97270	213,994	140,00	100,00	

**Fig 4.16:** tableau de tension après l'injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L3 variante 2

## 6/-1-C-Variante 3 :



**Fig 4.17:** injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L3 variante 3

Bus						
	Number	Name	PU Volt	Volt (kV)	Load MW	Load Mvar
1	1	1 Un	1,00000	220,000		
2	2	1	0,96591	212,501	120,00	100,00
3	3	2	0,91844	202,056	100,00	85,00
4	4	4	0,91032	200,270	100,00	90,00
5	5	3	0,95739	210,626	140,00	100,00

**Fig 4.18:** tableau de tension après l'injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L3 variante 3

## 6/1-2-Choix de variante :

nœuds	Variante 1			Variante 2			Variante 3		
	P <sub>e</sub> [MW]	U[KV]	U*[%]	P <sub>e</sub> [MW]	U[KV]	U*[%]	P <sub>e</sub> [MW]	U[KV]	U*[%]
<b>1</b>	50	214,33	-2,577272	0	212,29	-3,504545	0	212,50	-3,409090
<b>2</b>	25	200,7	-8,772727	25	200,94	-8,663636	50	202,06	-8,154545
<b>3</b>	0	210,36	-4,381818	35	213,99	-2,731818	0	210,63	-4,259090
<b>4</b>	0	199,35	-9,386363	0	201,06	-8,609090	0	200,27	-8,968181
	<b>75</b>			<b>60</b>			<b>50</b>		

**Tableau 4.4:** Les tensions et les calculs des écarts lors de coupure de L3 après l'injection d'énergie

→ On remarque d'après le tableau que les 3 variantes sont valables pour que notre réseau est exploitable lors de coupure de L3 mais le taux de [MW] d'énergie renouvelable de la variante 3 est le plus faible donc on la choisit d'un point de vue technique.

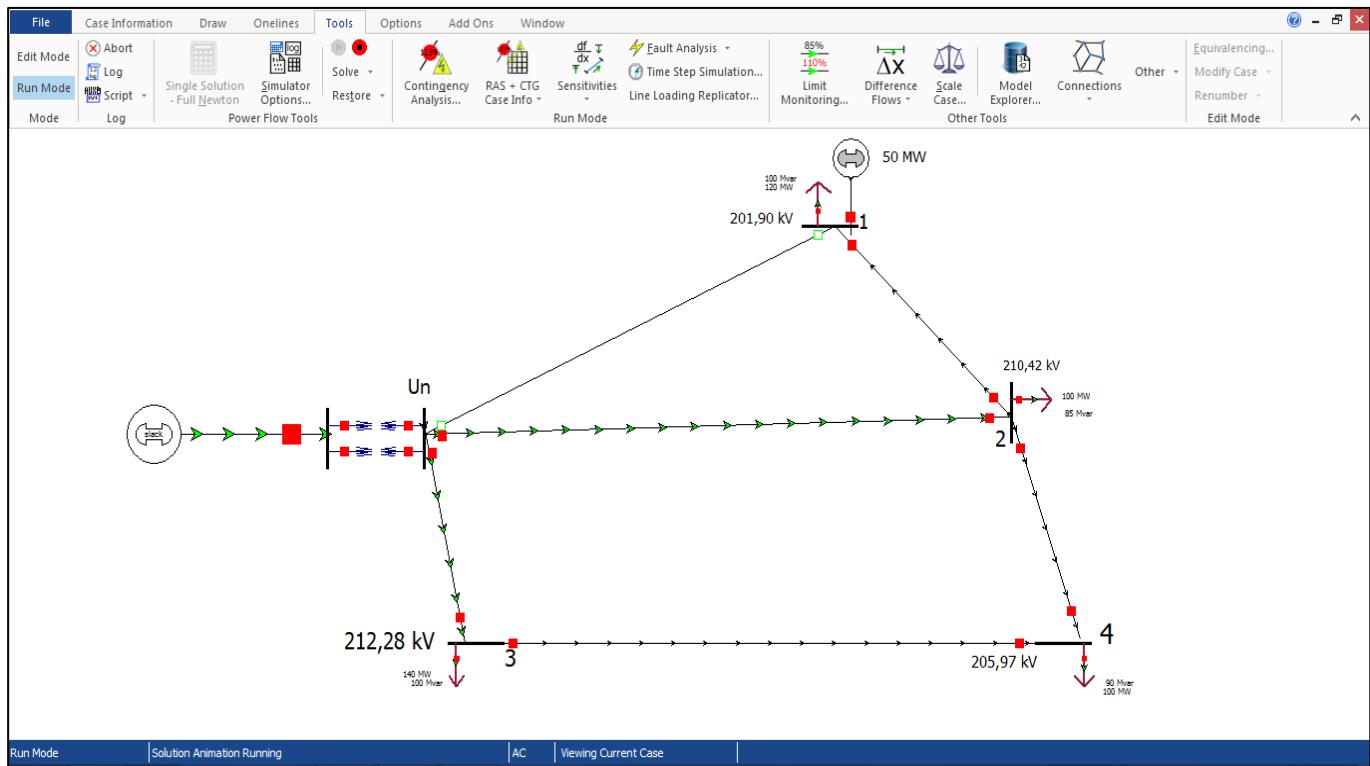
Les DR [DA]	Variante 1	Variante 2	Variante 3
solaire	351000	280800	234000
Eolienne	375000	300000	250000

**Tableau 4.5:** Les dépenses d'injection des énergies renouvelables lors de coupure de L3

→ On conclut que la variante 3 est le choix idéal d'un point de vue technico-économique et vu que le prix des panneaux solaires est moins cher par rapport aux enjeux d'éoliennes on les injecte à notre réseau pour le rendre exploitable.

## 6/-2-Injection d'énergie renouvelable lors de coupure de ligne 1 :

### 6/-2-1-A-Variante 1 :



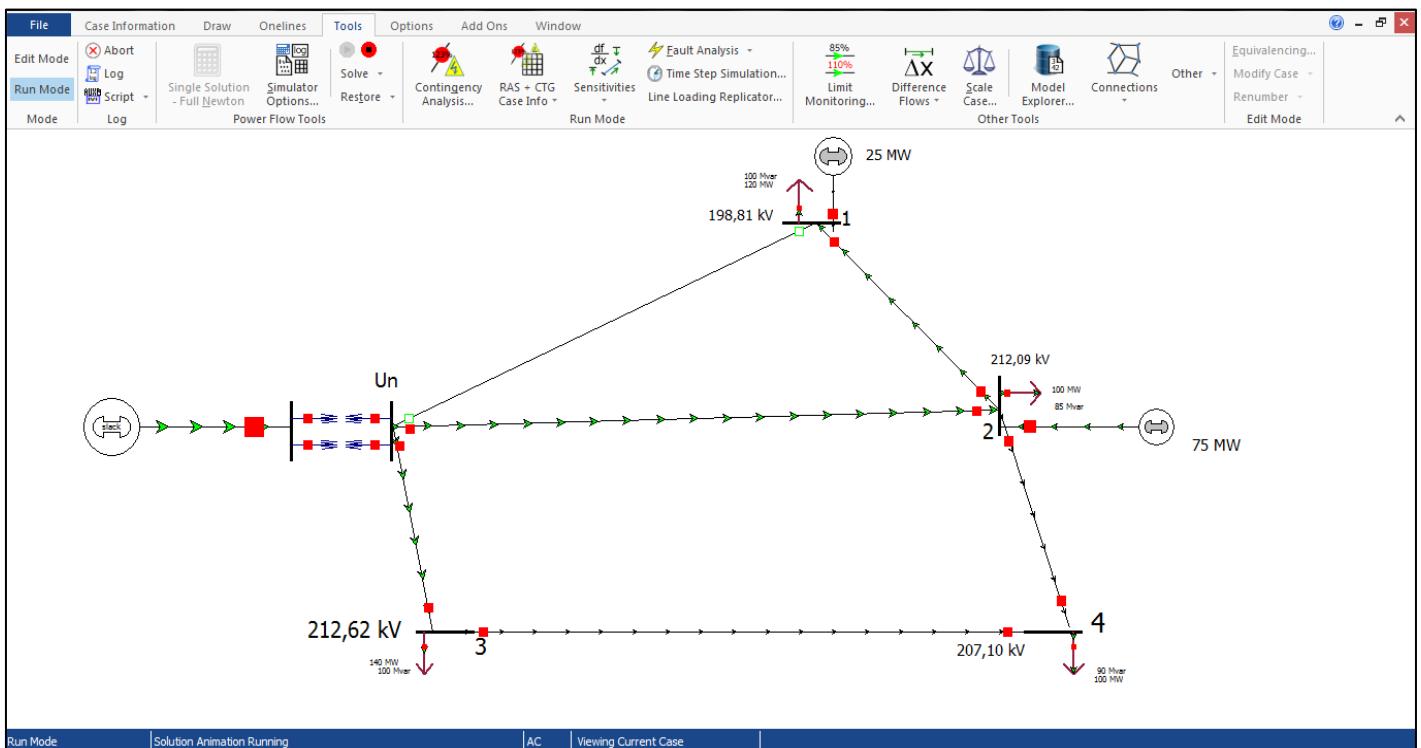
**Fig 4.19:** injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L1 variante 1

The figure shows a screenshot of a software interface with a toolbar at the top and a table below. The table lists bus voltages and load data:

Number	Bus	PU Volt	Volt (kV)	Load MW	Load Mvar
1	Un	1,00000	220,000		
2	1	0,91772	201,898	120,00	100,00
3	2	0,95645	210,418	100,00	85,00
4	3	0,93621	205,966	100,00	90,00
5	4	0,96492	212,282	140,00	100,00

**Fig 4.20:** tableau de tension après l'injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L1 variante 1

## 6/-2-1-B-Variante 2 :

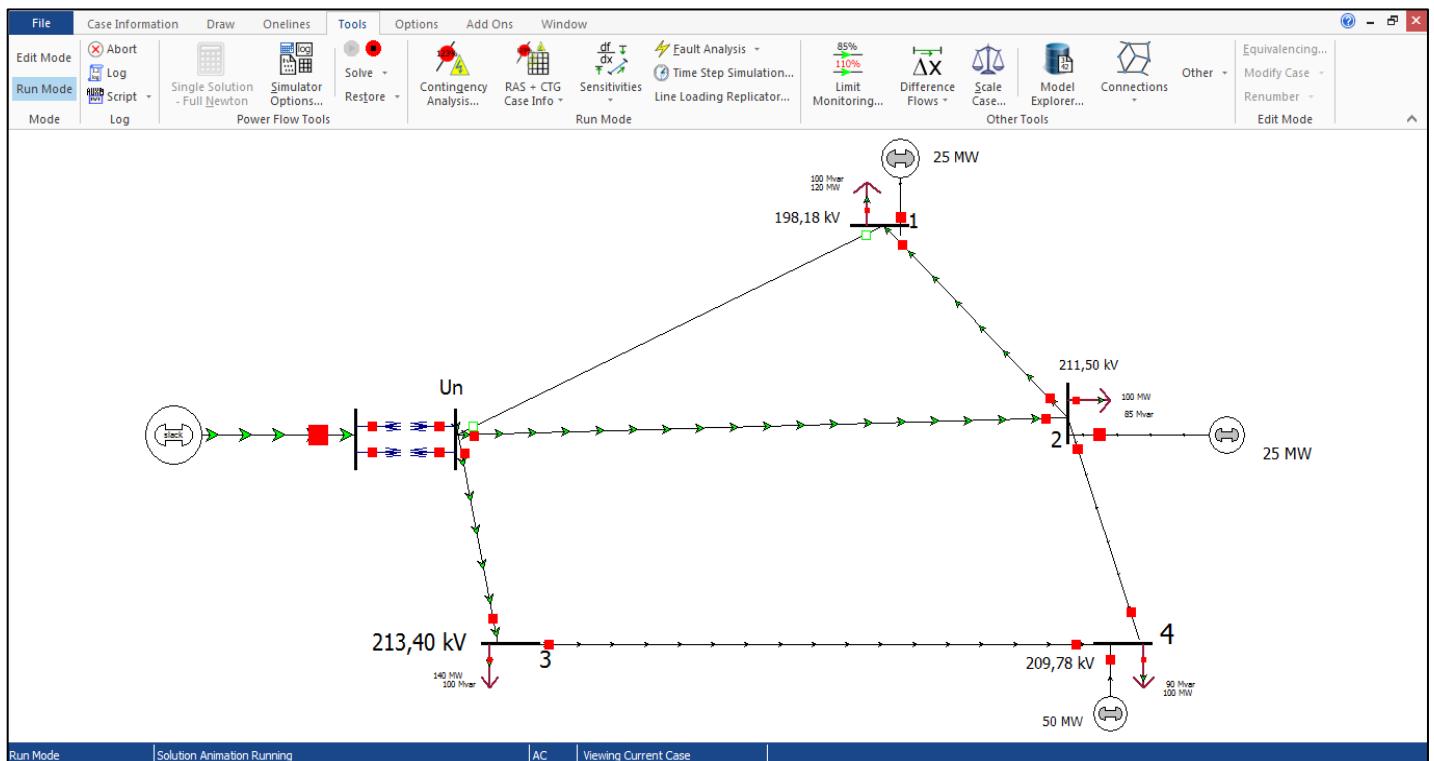


**Fig 4.21:** injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L1 variante 2

	Number	Name	PU Volt	Volt (kV)	Load MW	Load Mvar
1	1	Un	1,00000	220,000		
2	2	1	0,90369	198,812	120,00	100,00
3	3	2	0,96405	212,091	100,00	85,00
4	4	4	0,94135	207,098	100,00	90,00
5	5	3	0,96643	212,615	140,00	100,00

**Fig 4.22:** tableau de tension après l'injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L1 variante 2

## 6/-2-1-C-Variante 3 :



**Fig 4.23:** injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L1 variante 3

	Number	Name	PU Volt	Volt (kV)	Load MW	Load Mvar
1	1	Un	1,00000	220,000		
2	2	1	0,90082	198,181	120,00	100,00
3	3	2	0,96138	211,504	100,00	85,00
4	4	4	0,95356	209,783	100,00	90,00
5	5	3	0,96999	213,399	140,00	100,00

**Fig 4.24:** tableau de tension après l'injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L1 variante 3

## 6/-2-2-Choix de variante :

nœuds	Variante 1			Variante 2			Variante 3		
	P <sub>e</sub> [MW]	U[KV]	U*[%]	P <sub>e</sub> [MW]	U[KV]	U*[%]	P <sub>e</sub> [MW]	U[KV]	U*[%]
<b>1</b>	50	201,9	-8,227272	25	198,81	-9,631818	25	198,18	-9,918181
<b>2</b>	0	210,42	-4,354545	75	212,09	-3,595454	25	211,5	-3,863636
<b>3</b>	0	212,28	-3,509090	0	212,62	-3,354545	0	213,4	-3
<b>4</b>	0	205,97	-6,3772727	0	207,1	-5,863636	50	209,78	-4,645454
	<b>50</b>			<b>100</b>			<b>100</b>		

**Tableau 4.6:** Les tensions et les calculs des écarts lors de coupure de L1 après l'injection d'énergie

→ On remarque d'après le tableau que les 3 variantes sont valables pour que notre réseau est exploitable lors de coupure de L1 mais le taux de [MW] d'énergie renouvelable de la variante 1 est le plus faible donc on la choisit d'un point de vue technique.

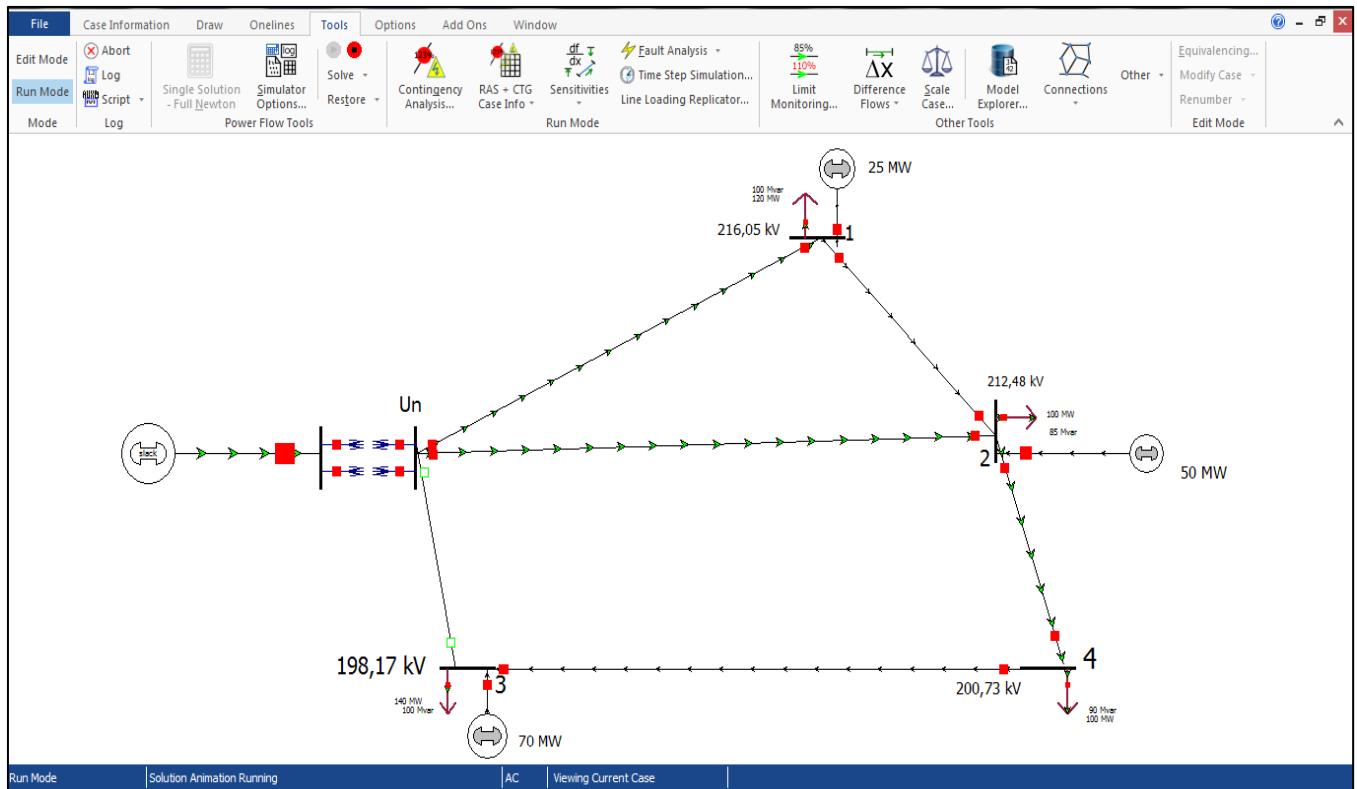
Les dépenses [DA]	Variante 1	Variante 2	Variante 3
solaire	234000	468000	468000
Eolienne	250000	500000	500000

**Tableau 4.7:** Les dépenses d'injection des énergies renouvelables lors de coupure de L1

→ On conclut que la variante 1 est le choix idéal d'un point de vue techno-économique et vu que le prix des panneaux solaires est moins cher par rapport aux enjeux d'éoliennes on les injecte à notre réseau pour le rendre exploitable.

## 6/-3-Injection d'énergie renouvelable lors de coupure de ligne 4 :

### 6/-3-1-A-Variante 1 :

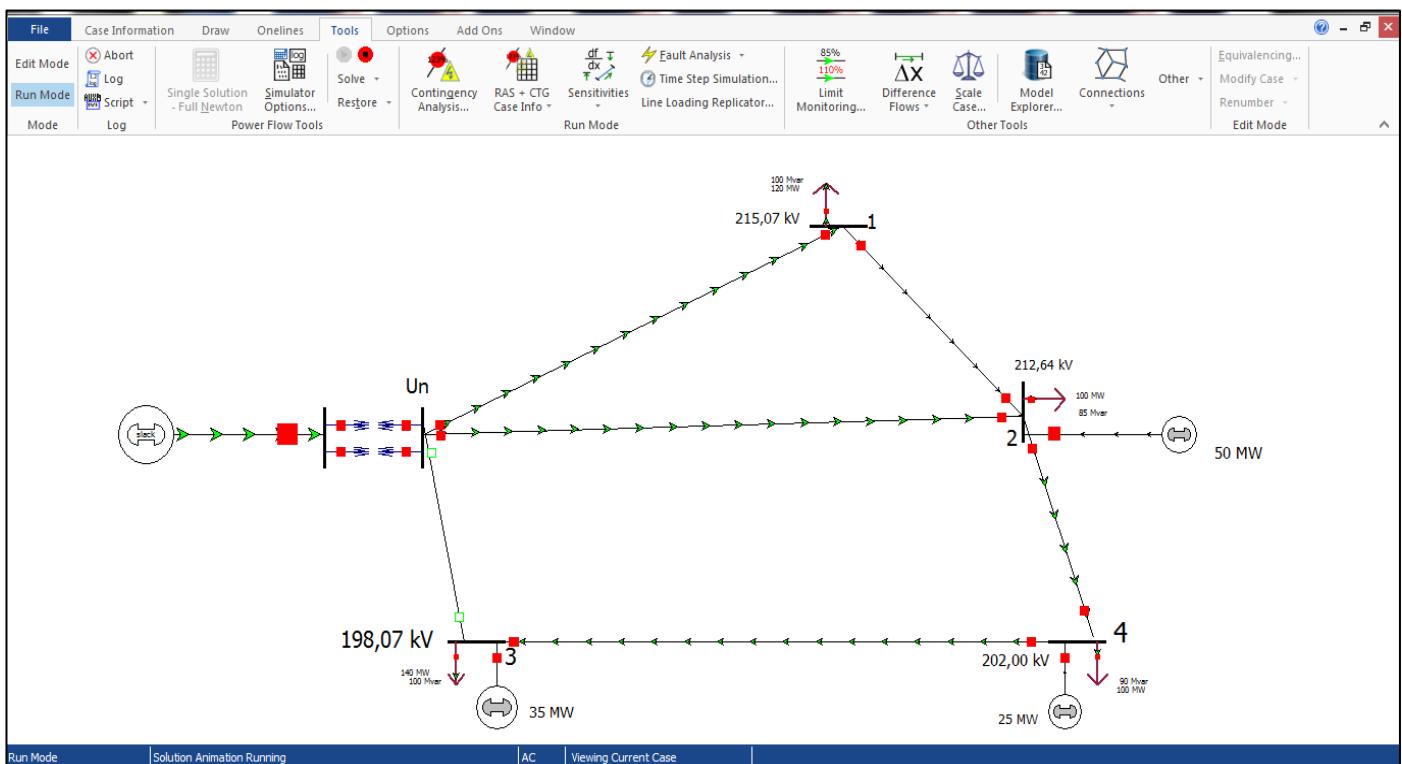


**Fig 4.25:** injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L4 variante 1

	Number	Name	PU Volt	Volt (kV)	Load MW	Load Mvar
1	1	Un	1,00000	220,000		
2	2	1	0,98207	216,055	120,00	100,00
3	3	2	0,96580	212,476	100,00	85,00
4	4	4	0,91240	200,727	100,00	90,00
5	5	3	0,90079	198,175	140,00	100,00

**Fig 4.26:** tableau de tension après l'injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L4 variante 1

## 6/-3-1-B-Variante 2 :

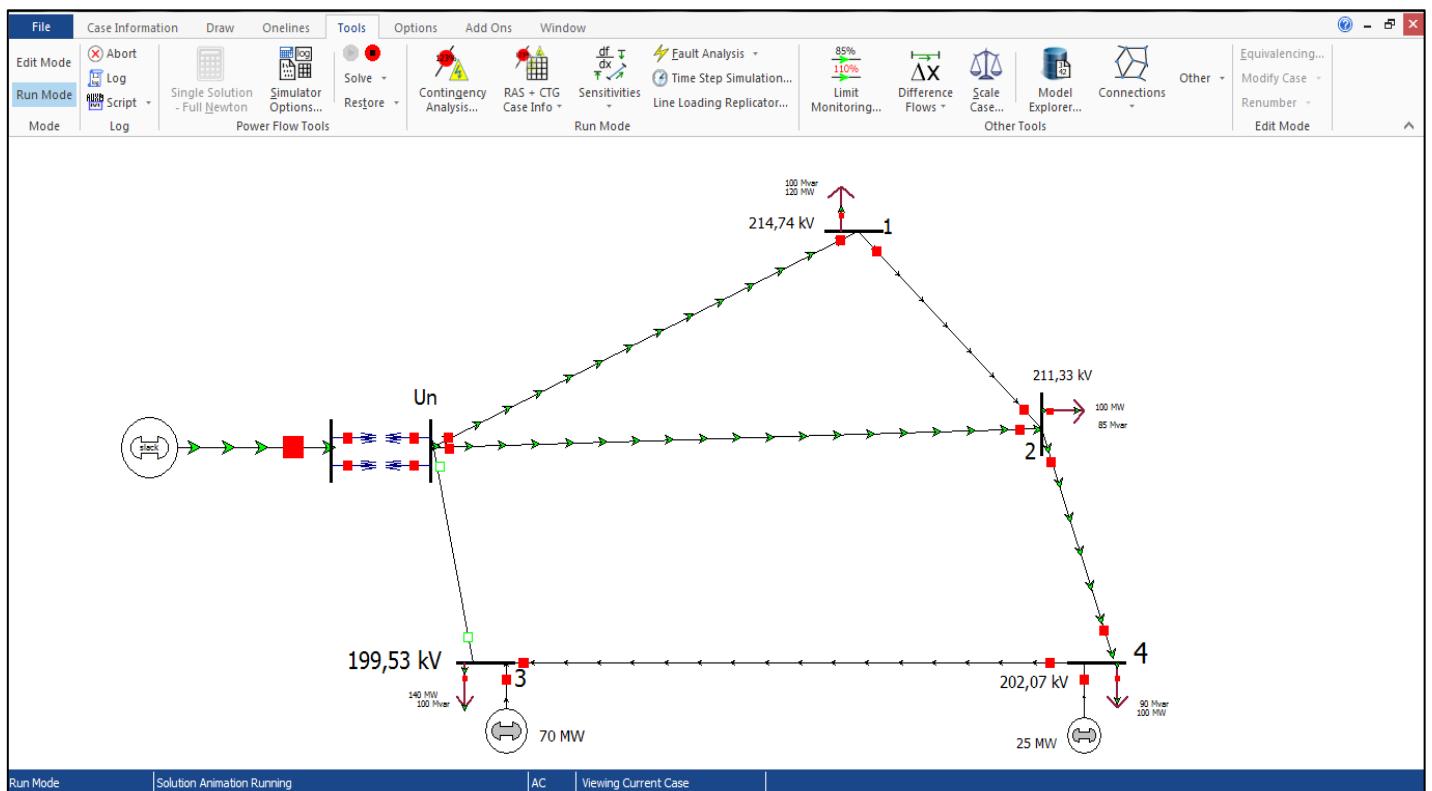


**Fig 4.27:** injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L4 variante 2

	Number	Name	PU Volt	Volt (kV)	Load MW	Load Mvar
1	1	Un	1,00000	220,000		
2	2	1	0,90369	198,812	120,00	100,00
3	3	2	0,96405	212,091	100,00	85,00
4	4	4	0,94135	207,098	100,00	90,00
5	5	3	0,96643	212,615	140,00	100,00

**Fig 4.28:** tableau de tension après l'injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L4 variante 2

### 6/-3-1-C-Variante 3 :



**Fig 4.29:** injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L4 variante 3

	Number	Name	PU Volt	Volt (kV)	Load MW	Load Mvar
1	1	Un	1,00000	220,000		
2	2	1	0,97609	214,740	120,00	100,00
3	3	2	0,96061	211,335	100,00	85,00
4	4	4	0,91851	202,072	100,00	90,00
5	5	3	0,90698	199,535	140,00	100,00

**Fig 4.30:** tableau de tension après l'injection d'énergie renouvelable lors de coupure de L4 variante 3

### 6/-3-2-Choix de variante :

nœuds	Variante 1			Variante 2			Variante 3		
	P <sub>e</sub> [MW]	U[KV]	U*[%]	P <sub>e</sub> [MW]	U[KV]	U*[%]	P <sub>e</sub> [MW]	U[KV]	U*[%]
<b>1</b>	25	216,05	-1,795454	0	215,07	-2,240909	0	214,74	-2,390909
<b>2</b>	50	212,48	-3,418181	50	212,64	-3,345454	0	211,33	-3,940909
<b>3</b>	70	198,17	-9,922727	35	198,07	-9,968181	70	199,53	-9,304545
<b>4</b>	0	200,73	-8,759090	25	202	-8,181818	25	202,07	-8,15
	<b>145</b>			<b>110</b>			<b>95</b>		

**Tableau 4.8:** Les tensions et les calculs des écarts lors de coupure de L4 après l'injection d'énergie

On remarque d'après le tableau que les 3 variantes sont valables pour que notre réseau est exploitable lors de coupure de L4 mais le taux de [MW] d'énergie renouvelable de la variante 3 est le plus faible donc on choisit d'un point de vue technique..

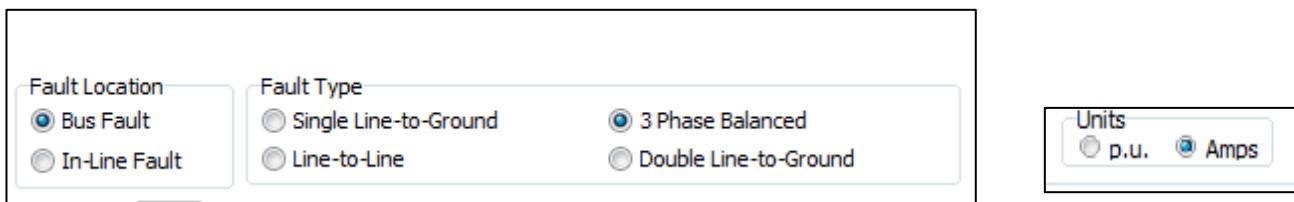
Les dépenses [DA]	Variante 1	Variante 2	Variante 3
solaire	678600	514800	444600
Eolienne	725000	550000	475000

**Tableau 4.9:** Les dépenses d'injection des énergies renouvelables lors de coupure de L4

→ On conclue que la variante 3 est le choix idéal d'un point de vue techno-économique et vu que le prix des panneaux solaires est moins cher par rapport aux enjeux d'éoliennes on les injecte à notre réseau pour le rendre exploitable.

## 7/- Etude du régime de court-circuit du régime après avarie :

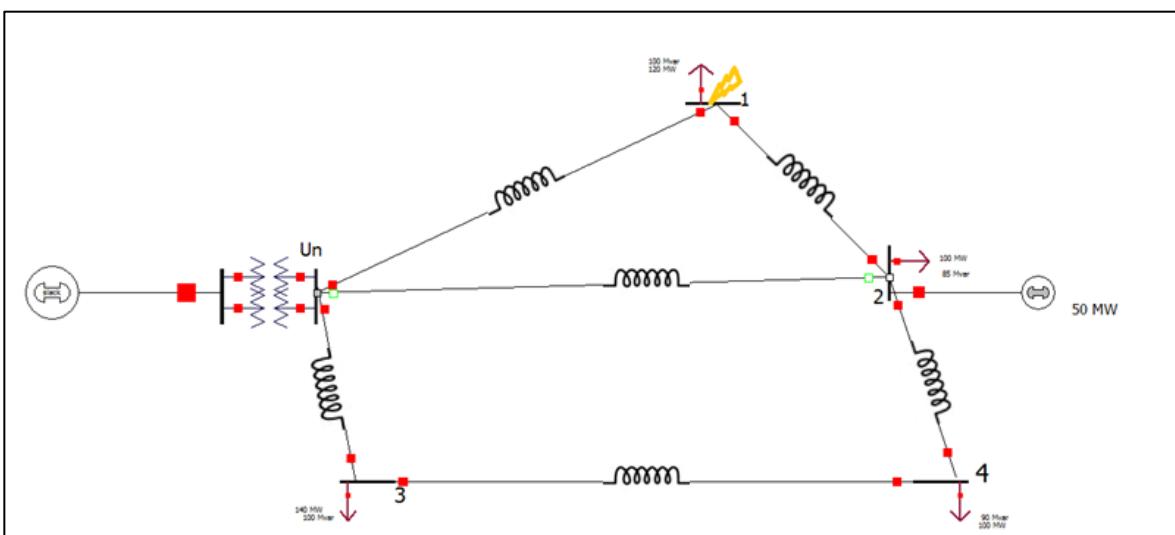
On va introduire les tous cas possibles de court-circuit triphasé dans les nœuds et à chaque fois on relève les résultats des courants triphasés donnés par le powerworld .



**Fig 4.31:** Choix du type de court-circuit en powerworld

### 7/- 1- Court-circuit lors de coupure de ligne 3 du régime après avarie :

#### 7/- 1- Court-circuit au niveau du nœud 1 :



**Fig 4.32:** Réalisation du C-C au niveau du nœud 1

#### 7/- 1- 2- Résultats de C-C au niveau du nœud 1 :

Bus Records								
	From Name	To Name	Phase Cur A From	Phase Cur B From	Phase Cur C From	Phase Cur A To	Phase Cur B To	Phase Cur C To
1	Un	1	1580,93	1580,93	1580,93	1584,16	1584,16	1584,16
2	Un	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	Un	3	317,39	317,39	317,39	312,40	312,40	312,40
4	1	2	490,79	490,79	490,79	490,32	490,32	490,32
5	2	4	161,86	161,86	161,86	161,05	161,05	161,05
6	3	4	145,91	145,91	145,91	145,91	145,91	145,91

**Fig 4.33:** Résultats de C-C au niveau du nœud 1 [A]

Bus Records	Lines	Generators	Loads	Switched Shunt Buses	Y-Bus Matrices								
		ABCD	Records	Geo	Set	Columns	AUX1	AUX2	SORT	123	ABC	f(x)	Options

	Number of Bus	Name of Bus	Phase Cur A	Phase Cur B	Phase Cur C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1	Un	1516,03	1516,03	1516,03	-38,09	-158,09	81,91

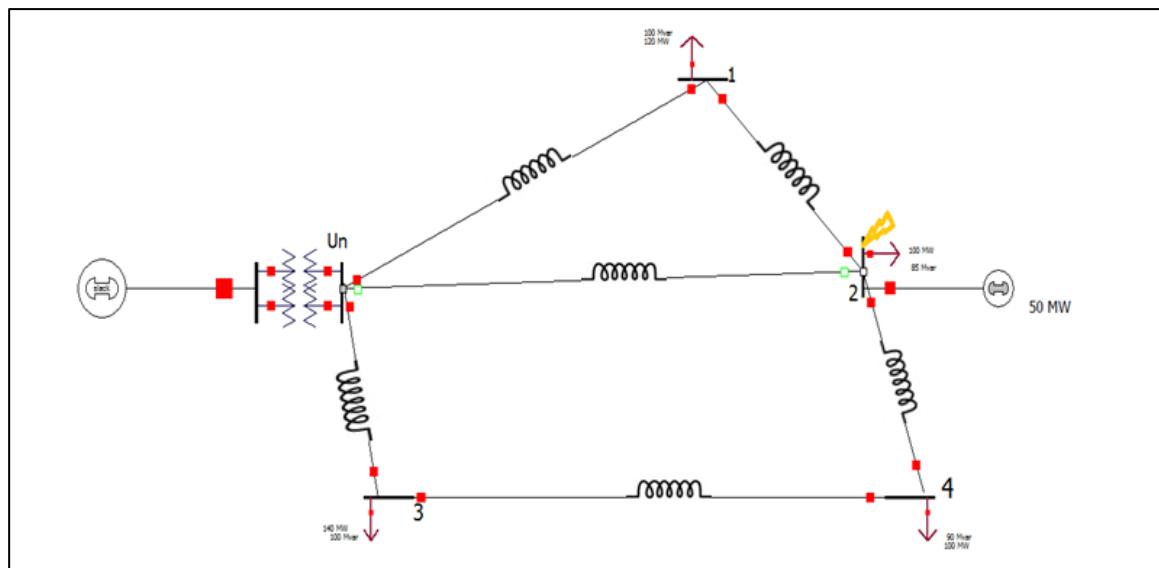
**Fig 4.34:**  $I_{\text{source}}$  de C-C au niveau du nœud 1 [A]

### 7/- 1-3- Les courants des lignes de C-C du nœud 1:

Lignes	Courant de C-C [KA]
$L_1$	1,6
$L_2$	0,5
$L_4$	0,32
$L_5$	0,15
$L_6$	0,16
$I_{\text{source}}$	1,52

**Tableau 4.10:** Les courants des lignes de C-C du nœud 1

### 7/- 2- Court-circuit au niveau du nœud 2 :



**Fig 4.35:** Réalisation du C-C au niveau du nœud 2

## 7/- 2-2-Résultats de C-C au niveau du nœud 2 :

1 (2) [220,0 kV]
2 (3) [220,0 kV]
3 (5) [220,0 kV]
4 (4) [220,0 kV]
Un (1) [220,0 kV]

Bus Records	Lines	Generators	Loads	Switched Shunt Buses	Y-Bus Matrices		
ABCD f(x) Options							
From Name	To Name	Phase Cur A From	Phase Cur B From	Phase Cur C From	Phase Cur A To	Phase Cur B To	Phase Cur C To
1 Un	1	937,57	937,57	937,57	948,11	948,11	948,11
2 Un	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3 Un	3	552,65	552,65	552,65	565,52	565,52	565,52
4 1	2	1009,36	1009,36	1009,36	1010,33	1010,33	1010,33
5 2	4	778,12	778,12	778,12	777,58	777,58	777,58
6 3	4	625,16	625,16	625,16	625,16	625,16	625,16

**Fig 4.36:** Résultats de C-C au niveau du nœud 2 [A]

	Number of Bus	Name of Bus	Phase Cur A	Phase Cur B	Phase Cur C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1	Un	1489,59	1489,59	1489,59	-37,08	-157,08	82,92

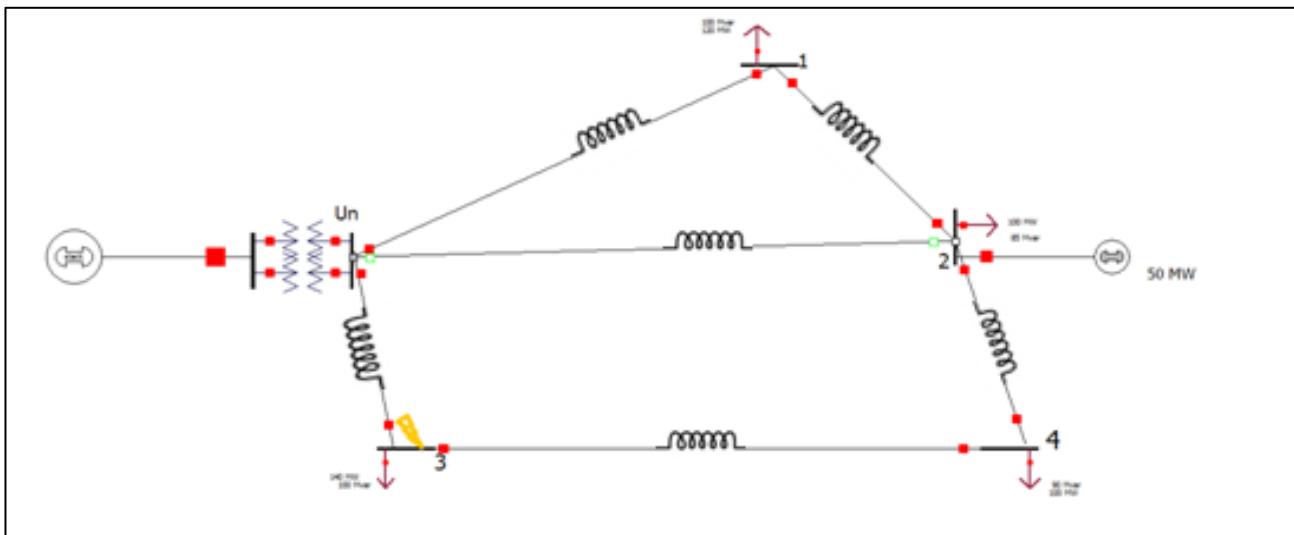
**Fig 4.37:** I<sub>source</sub> de C-C au niveau du nœud 2 [A]

## 7/- 2-3- Les courants des lignes de C-C du nœud 2:

Lignes	Courant de C-C [KA]
L <sub>1</sub>	0,94
L <sub>2</sub>	1,01
L <sub>4</sub>	0,55
L <sub>5</sub>	0,63
L <sub>6</sub>	0,78
I <sub>source</sub>	1,5

**Tableau 4.11:** Les courants des lignes de C-C du nœud 2

### 7/3- Court-circuit au niveau du nœud 3 :



**Fig 4.38:** Réalisation du C-C au niveau du nœud 3

### 7/3-2- Résultats de C-C au niveau du nœud 3 :

1 (2) [220,0 kV]
2 (3) [220,0 kV]
<b>3 (5) [220,0 kV]</b>
4 (4) [220,0 kV]
Un (1) [220,0 kV]

Bus Records		Lines		Generators		Loads		Switched Shunt Buses		Y-Bus Matrices	
	DPT		.00		ABCD		AUX		Y-BUS		Options
From Name	To Name	Phase Cur A From	Phase Cur B From	Phase Cur C From	Phase Cur A To	Phase Cur B To	Phase Cur C To				
1 Un	1	292,67	292,67	292,67	286,83	286,83	286,83				
2 Un	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
3 Un	3	1620,99	1620,99	1620,99	1624,88	1624,88	1624,88				
4 1	2	94,45	94,45	94,45	93,66	93,66	93,66				
5 2	4	300,91	300,91	300,91	301,91	301,91	301,91				
6 3	4	464,92	464,92	464,92	464,92	464,92	464,92				

**Fig 4.39:** Résultats de C-C au niveau du nœud 3 [A]

Number of Bus	Name of Bus	Phase Cur A	Phase Cur B	Phase Cur C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1 Un	1513,12	1513,12	1513,12	-38,07	-158,07	81,93

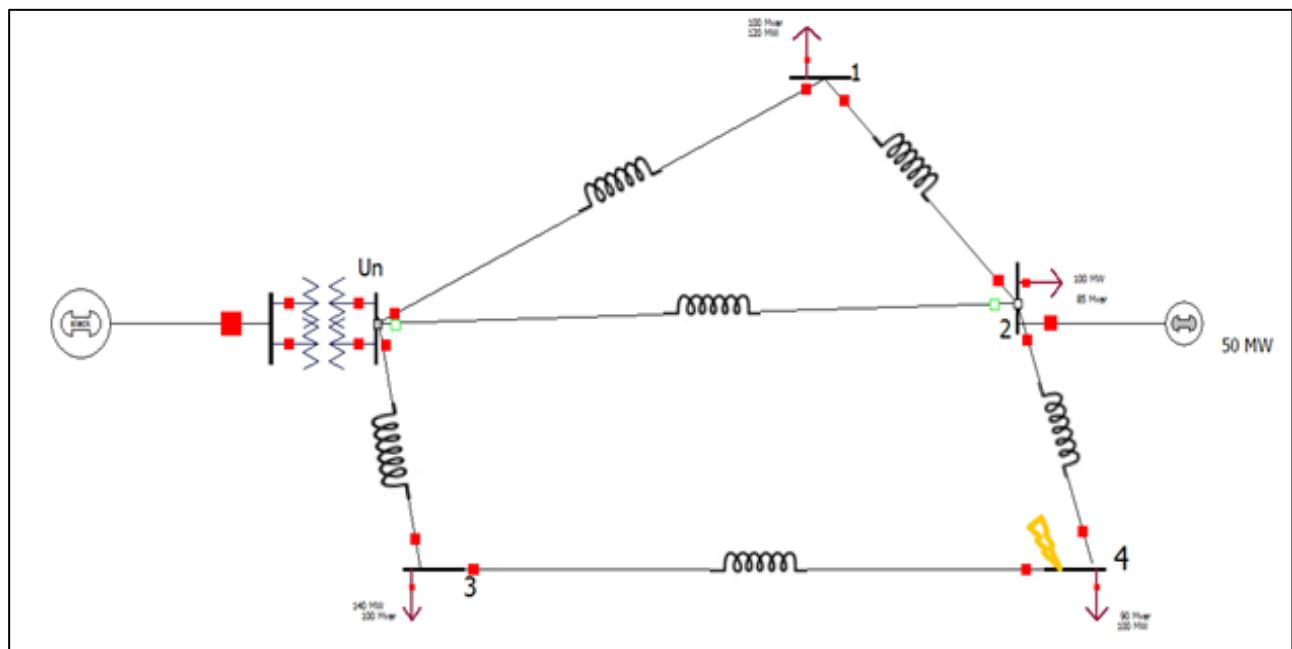
**Fig 4.40:** I<sub>source</sub> de C-C au niveau du nœud 3 [A]

### 7/- 3- Les courants des lignes de C-C du nœud 3:

Lignes	Courant de C-C [KA]
$L_1$	0,3
$L_2$	0,94
$L_4$	1,62
$L_5$	0,46
$L_6$	0,3
$I_{source}$	1,51

**Tableau 4.12:** Les courants des lignes de C-C du nœud 3

### 7/-4- Court-circuit au niveau du nœud 4 :



**Fig 4.41:** Réalisation du C-C au niveau du nœud 4

### 7/-4-2- Résultats de C-C au niveau du nœud 4 :

1 (2) [220,0 kV]
2 (3) [220,0 kV]
3 (5) [220,0 kV]
<b>4 (4) [220,0 kV]</b>
Un (1) [220,0 kV]

Bus Records   Lines   Generators   Loads   Switched Shunt Buses   Y-Bus Matrices

Records   Geo   Set   Columns   Options

	From Name	To Name	Phase Cur A From	Phase Cur B From	Phase Cur C From	Phase Cur A To	Phase Cur B To	Phase Cur C To
1	Un	1	556,80	556,80	556,80	566,93	566,93	566,93
2	Un	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	Un	3	956,00	956,00	956,00	970,21	970,21	970,21
4	1	2	580,99	580,99	580,99	582,80	582,80	582,80
5	2	4	885,08	885,08	885,08	885,70	885,70	885,70
6	3	4	1054,24	1054,24	1054,24	1054,24	1054,24	1054,24

**Fig 4.42:** Résultats de C-C au niveau du nœud 4 [A]

Records   Geo   Set   Columns   Options

	Number of Bus	Name of Bus	Phase Cur A	Phase Cur B	Phase Cur C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1	Un	1484,50	1484,50	1484,50	-37,22	-157,22	82,78

**Fig 4.43:** I<sub>source</sub> de C-C au niveau du nœud 4 [A]

### 7/-4-3-Les courants des lignes de C-C du nœud 4:

Lignes	Courant de C-C [KA]
L <sub>1</sub>	0,56
L <sub>2</sub>	0,58
L <sub>4</sub>	0,96
L <sub>5</sub>	1,05
L <sub>6</sub>	0,89
I <sub>source</sub>	1,48

**Tableau 4.13:** Les courants des lignes de C-C du nœud 4

**7/-5-Résumés des résultats des courants des lignes de C-C des nœuds [KA]:**

Nœuds Lignes \	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>L1</b>	1,6	0,94	0,32	0,56
<b>L2</b>	0,5	1,01	0,37	0,58
<b>L4</b>	0,32	0,55	1,57	0,96
<b>L5</b>	0,15	0,63	0,47	1,05
<b>L6</b>	0,16	0,78	0,3	0,89
<b>I<sub>source</sub></b>	1,52	1,5	1,47	1,48

**Tableau 4.14:** Résumés des I<sub>cc</sub> des lignes des 4 nœuds

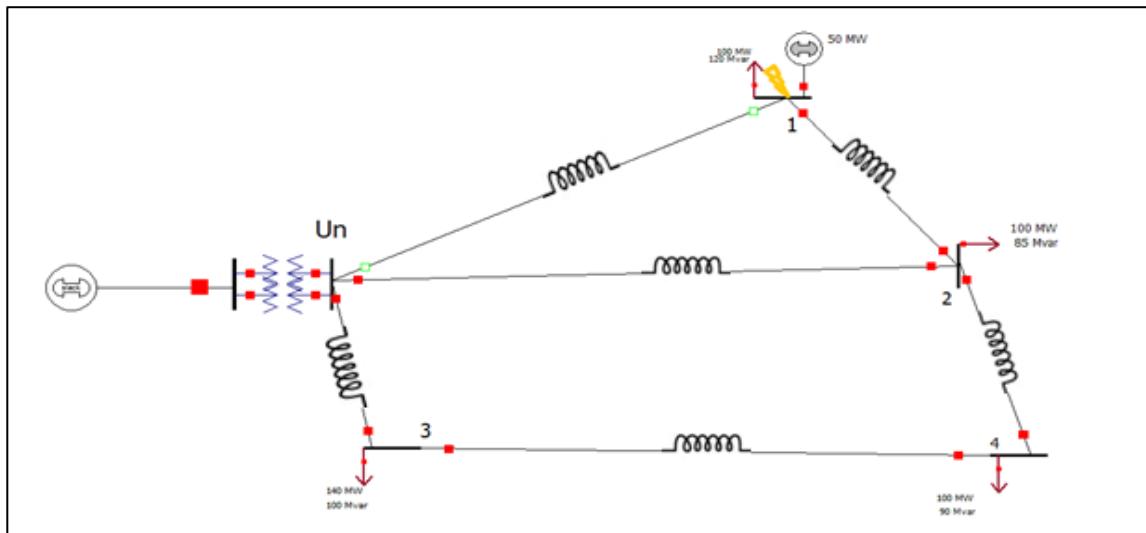
**7/- 6-Les valeurs des courants minimaux et maximaux des lignes de C-C des nœuds [KA]:**

<b>Les lignes</b>	<b>I<sub>minimal</sub> [KA]</b>	<b>I<sub>maximal</sub> [KA]</b>
<b>L1</b>	0,32	1,6
<b>L2</b>	0,37	1,01
<b>L4</b>	0,32	1,57
<b>L5</b>	0,15	1,05
<b>L6</b>	0,16	0,89
<b>I<sub>source</sub></b>	1,47	1,52

**Tableau 4.15:** les valeurs I<sub>max</sub> et I<sub>min</sub> des C-C des lignes

## 8/- 1- Court-circuit lors de coupure de ligne 3 du régime après avarie :

### 8/- 1- Court-circuit au niveau du nœud 1 :



**Fig 4.44:** Réalisation du C-C au niveau du nœud 1

### 8/-1- 2- Résultats de C-C au niveau du nœud 1 :

1 (2) [220,0 kV] 2 (3) [220,0 kV] 3 (5) [220,0 kV] 4 (4) [220,0 kV] Un (1) [220,0 kV]									
<a href="#">Bus Records</a> <a href="#">Lines</a> <a href="#">Generators</a> <a href="#">Loads</a> <a href="#">Switched Shunt Buses</a> <a href="#">Y-Bus Matrices</a> <span style="float: right;">Records ▾ Geo ▾ Set ▾ Columns ▾ <a href="#">AUXB</a> <a href="#">AUXB</a> <a href="#">F</a> <a href="#">Sort ABCD</a> f(x) ▾ Options ▾</span>									
	From Name	To Name	Phase Cur A From	Phase Cur B From	Phase Cur C From	Phase Cur A To	Phase Cur B To	Phase Cur C To	
1	Un	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2	Un	2	1162,00	1162,00	1162,00	1179,77	1179,77	1179,77	
3	Un	3	312,05	312,05	312,05	318,62	318,62	318,62	
4	1	2	1460,05	1460,05	1460,05	1458,64	1458,64	1458,64	
5	2	4	253,22	253,22	253,22	250,06	250,06	250,06	
6	3	4	231,22	231,22	231,22	231,22	231,22	231,22	

**Fig 4.45:** Résultats de C-C au niveau du nœud 1 [A]

<a href="#">Records</a> <a href="#">Geo</a> <a href="#">Set</a> <a href="#">Columns</a> <a href="#">AUXB</a> <a href="#">AUXB</a> <a href="#">F</a> <a href="#">Sort ABCD</a> <a href="#">Options</a>								
	Number of Bus	Name of Bus	Phase Cur A	Phase Cur B	Phase Cur C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1	Un	1429,53	1429,53	1429,53	-34,28	-154,28	85,72

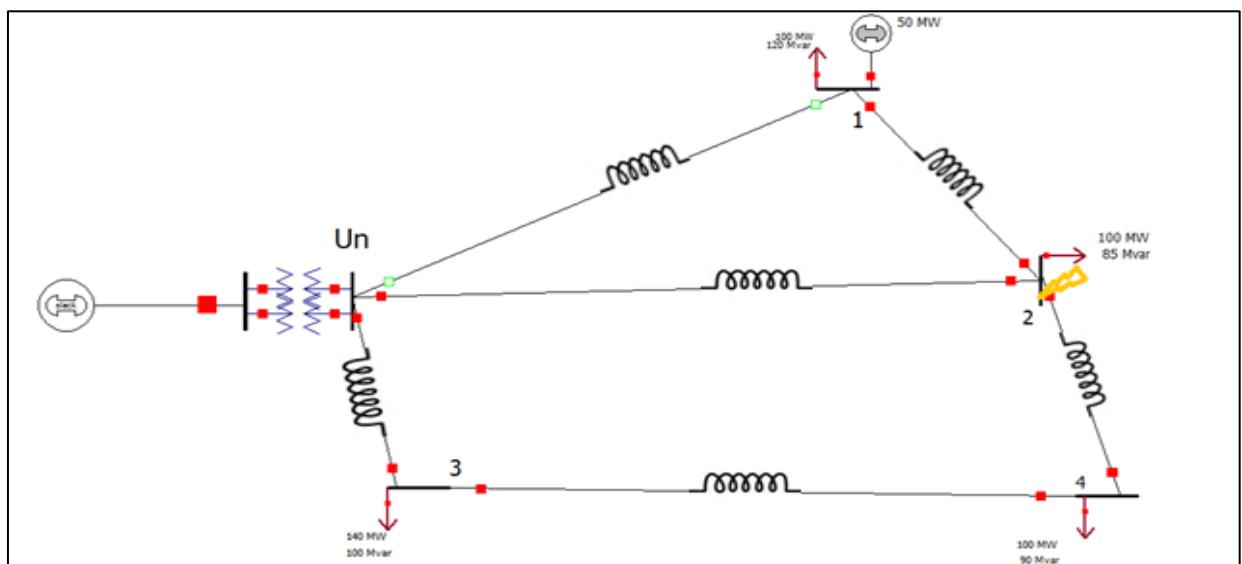
**Fig 4.46:** I<sub>source</sub> de C-C au niveau du nœud 1 [A]

### 8/- 1-3- Les courants des lignes de C-C du nœud 1:

Lignes	Courant de C-C [KA]
$L_2$	1,46
$L_3$	1,16
$L_4$	0,31
$L_5$	0,23
$L_6$	0,25
$I_{source}$	1,43

**Tableau 4.16:** Les courants des lignes de C-C du nœud 1

### 8/- 2- Court-circuit au niveau du nœud 2 :



**Fig 4.47:** Réalisation du C-C au niveau du nœud 2

## 8/- 2-2-Résultats de C-C au niveau du nœud 2 :

1 (2) [220,0 kV]
2 (3) [220,0 kV]
3 (5) [220,0 kV]
4 (4) [220,0 kV]
Un (1) [220,0 kV]

Bus Records	Lines	Generators	Loads	Switched Shunt Buses	Y-Bus Matrices			
1	Un	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Un	2	1343,11	1343,11	1343,11	1346,85	1346,85	1346,85
3	Un	3	235,91	235,91	235,91	236,71	236,71	236,71
4	1	2	387,47	387,47	387,47	387,85	387,85	387,85
5	2	4	416,84	416,84	416,84	416,55	416,55	416,55
6	3	4	246,85	246,85	246,85	246,85	246,85	246,85

**Fig 4.48:** Résultats de C-C au niveau du nœud 2 [A]

Number of Bus	Name of Bus	Phase Cur A	Phase Cur B	Phase Cur C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1 Un	1468,80	1468,80	1468,80	-36,44	-156,44	83,56

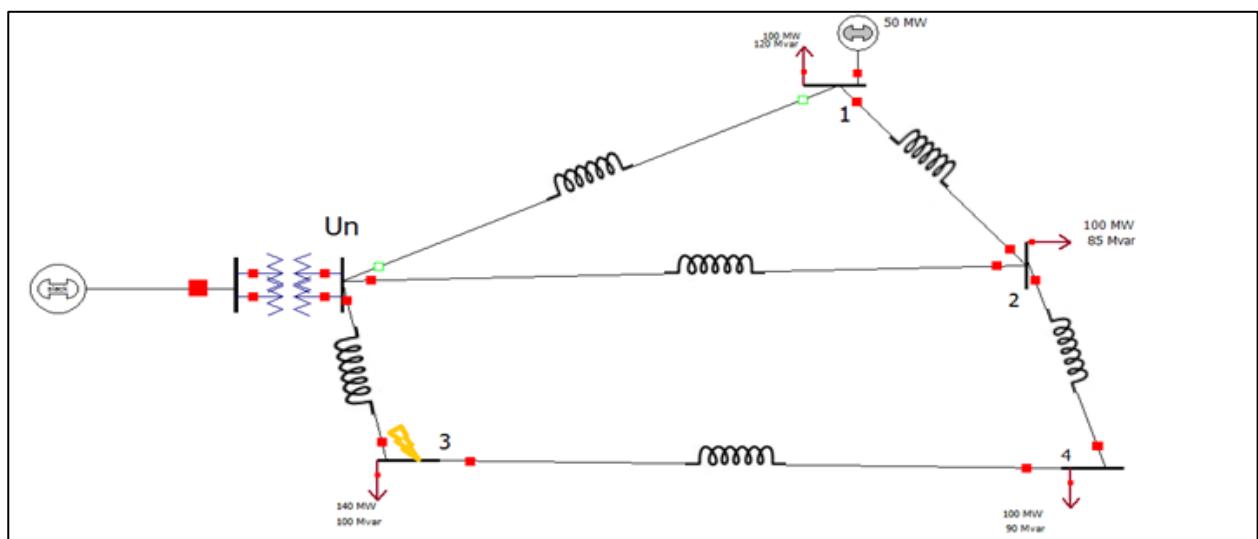
**Fig 4.49:** I<sub>source</sub> de C-C au niveau du nœud 2 [A]

## 8/- 2-3- Les courants des lignes de C-C du nœud 2:

Lignes	Courant de C-C [KA]
L <sub>2</sub>	0,39
L <sub>3</sub>	1,34
L <sub>4</sub>	0,24
L <sub>5</sub>	0,25
L <sub>6</sub>	0,42
I <sub>source</sub>	1,47

**Tableau 4.17:** Les courants des lignes de C-C du nœud 2

### 8/3- Court-circuit au niveau du nœud 3 :



**Fig 4.50:** Réalisation du C-C au niveau du nœud 3

### 8/3-2- Résultats de C-C au niveau du nœud 3 :

1 (2) [220,0 kV]
2 (3) [220,0 kV]
<b>3 (5) [220,0 kV]</b>
4 (4) [220,0 kV]
Un (1) [220,0 kV]

Bus Records		Lines	Generators	Loads	Switched Shunt Buses	Y-Bus Matrices	Records		Geo	Set	Columns	AUX1	AUX2	AUX3	SORT	ITEM	f(x)	Options
1	Un	2																
2	Un	2																
3	Un	3																
4	1	2																
5	2	4																
6	3	4																

**Fig 4.51:** Résultats de C-C au niveau du nœud 3 [A]

	Number of Bus	Name of Bus	Phase Cur A	Phase Cur B	Phase Cur C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1	Un	1467,86	1467,86	1467,86	-36,34	-156,34	83,66

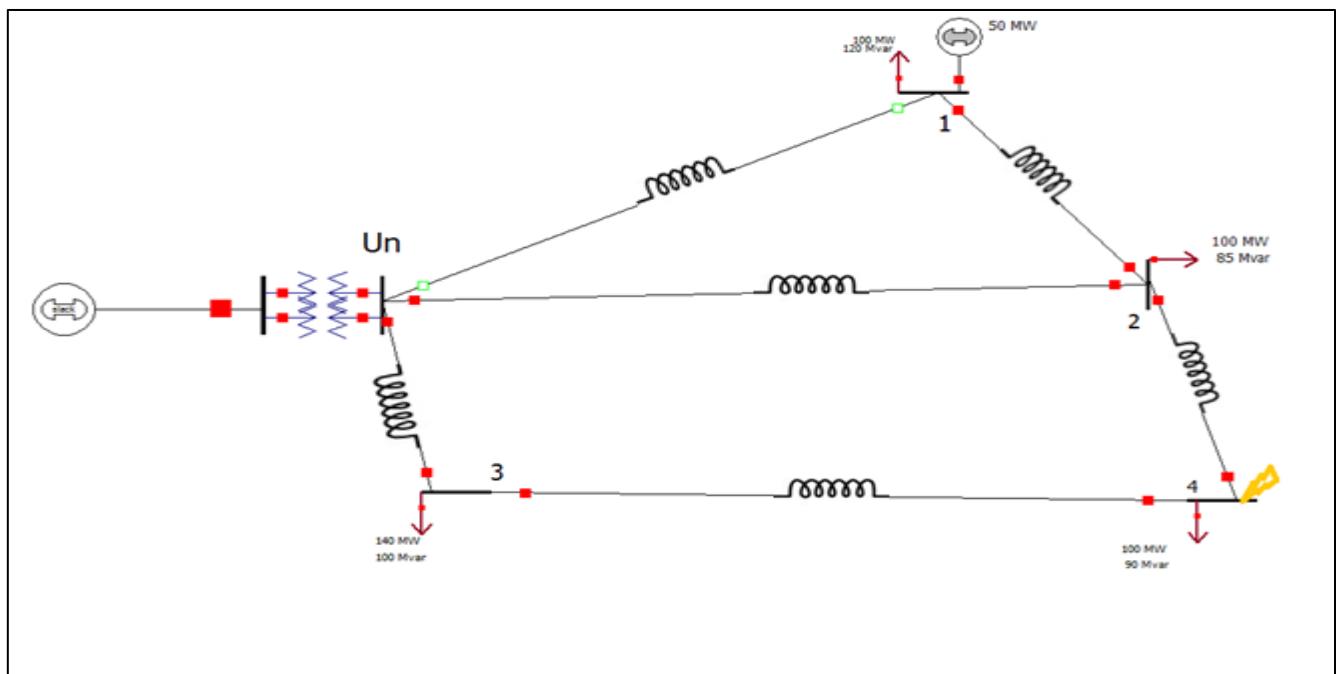
**Fig 4.52:** I<sub>source</sub> de C-C au niveau du nœud 3 [A]

### 8/- 3- Les courants des lignes de C-C du nœud 3:

Lignes	Courant de C-C [KA]
$L_2$	0,32
$L_3$	0,37
$L_4$	1,57
$L_5$	0,47
$L_6$	0,3
$I_{source}$	1,47

**Tableau 4.18:** Les courants des lignes de C-C du nœud 3

### 8/-4- Court-circuit au niveau du nœud 4 :



**Fig 4.53:** Réalisation du C-C au niveau du nœud 4

### 8/-4-2- Résultats de C-C au niveau du nœud 4 :

The screenshot shows a software interface with a toolbar at the top and several tabs: Bus Records, Lines, Generators, Loads, Switched Shunt Buses, and Y-Bus Matrices. The 'Lines' tab is selected. Below the tabs is a detailed table of line currents. The table has columns for From Name, To Name, Phase Cur A From, Phase Cur B From, Phase Cur C From, Phase Cur A To, Phase Cur B To, and Phase Cur C To. The data shows currents for six lines originating from bus 1 ('Un').

	From Name	To Name	Phase Cur A From	Phase Cur B From	Phase Cur C From	Phase Cur A To	Phase Cur B To	Phase Cur C To
1	Un	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Un	2	736,82	736,82	736,82	747,21	747,21	747,21
3	Un	3	715,18	715,18	715,18	725,92	725,92	725,91
4	1	2	313,69	313,69	313,69	315,85	315,85	315,85
5	2	4	1122,77	1122,77	1122,77	1123,56	1123,56	1123,56
6	3	4	826,89	826,89	826,89	826,89	826,89	826,89

**Fig 4.54:** Résultats de C-C au niveau du nœud 4 [A]

The screenshot shows a software interface with a toolbar at the top and several tabs. The 'Lines' tab is selected. Below the tabs is a table showing the source current. The table has columns for Number of Bus, Name of Bus, Phase Cur A, Phase Cur B, Phase Cur C, Phase Ang A, Phase Ang B, and Phase Ang C. The data shows a single entry for bus 1 ('Un') with a current of 1449,22 A.

	Number of Bus	Name of Bus	Phase Cur A	Phase Cur B	Phase Cur C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1	Un	1449,22	1449,22	1449,22	-35,86	-155,86	84,14

**Fig 4.55:**  $I_{source}$  de C-C au niveau du nœud 4 [A]

### 8/-4-3-Les courants des lignes de C-C du nœud 4:

Lignes	Courant de C-C [KA]
$L_2$	0,31
$L_3$	0,74
$L_4$	0,72
$L_5$	0,83
$L_6$	1,12
$I_{source}$	1,45

**Tableau 4.19:** Les courants des lignes de C-C du nœud 4

**8/-5-Résumés des résultats des courants des lignes de C-C des nœuds [KA]:**

Nœuds Lignes	1	2	3	4
<b>L2</b>	1,46	0,39	0,37	0,33
<b>L3</b>	1,16	1,34	0,25	0,31
<b>L4</b>	0,31	0,24	0,87	0,97
<b>L5</b>	0,23	0,25	1,29	0,51
<b>L6</b>	0,25	0,42	1 ,14	1,38
<b>I<sub>source</sub></b>	1,43	1,47	1,2	1,23

**Tableau 4.20:** Résumés des I<sub>cc</sub> des lignes des 4 nœuds

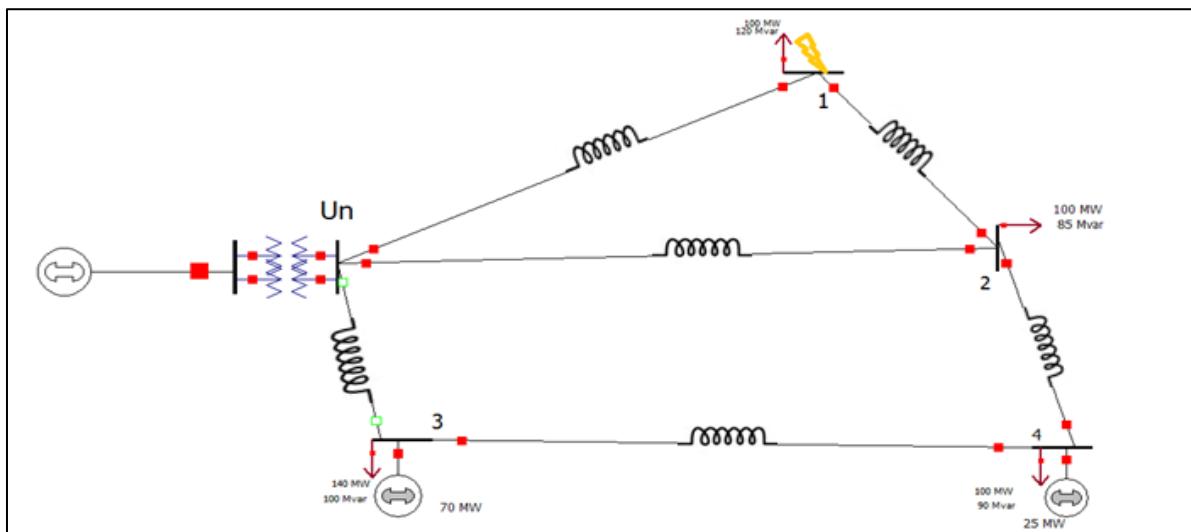
**8/- 6-Les valeurs des courants minimaux et maximaux des lignes de C-C des nœuds [KA]:**

Les lignes	I <sub>minimal</sub> [KA]	I <sub>maximal</sub> [KA]
<b>L2</b>	0,33	1,46
<b>L3</b>	0,25	1,34
<b>L4</b>	0,24	0,97
<b>L5</b>	0,23	1,29
<b>L6</b>	0,25	1,38
<b>I<sub>source</sub></b>	1,2	1,47

**Tableau 4.21:** les valeurs I<sub>max</sub> et I<sub>min</sub> des C-C des lignes

## 9/- 1- Court-circuit lors de coupure de ligne 3 du régime après avarie :

### 9/- 1- Court-circuit au niveau du nœud 1 :



**Fig 4.56:** Réalisation du C-C au niveau du nœud 1

### 9/-1- 2- Résultats de C-C au niveau du nœud 1 :

Bus Records Lines Generators Loads Switched Shunt Buses Y-Bus Matrices								
	From Name	To Name	Phase Cur A From	Phase Cur B From	Phase Cur C From	Phase Cur A To	Phase Cur B To	Phase Cur C To
1	(2) [220,0 kV]	1	1361,44	1361,44	1361,44	1364,22	1364,22	1364,22
2	(3) [220,0 kV]	1	434,81	434,81	434,81	429,26	429,26	429,26
3	(5) [220,0 kV]	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	(4) [220,0 kV]	1	550,87	550,87	550,87	550,34	550,34	550,34
5	2	4	601,90	601,90	601,90	600,27	600,27	600,27
6	3	4	397,48	397,48	397,48	397,48	397,48	397,48

**Fig 4.57:** Résultats de C-C au niveau du nœud 1 [A]

Number of Bus	Name of Bus	Phase Cur A	Phase Cur B	Phase Cur C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1 Un	1266,21	1266,21	1266,21	-34,97	-154,97	85,03

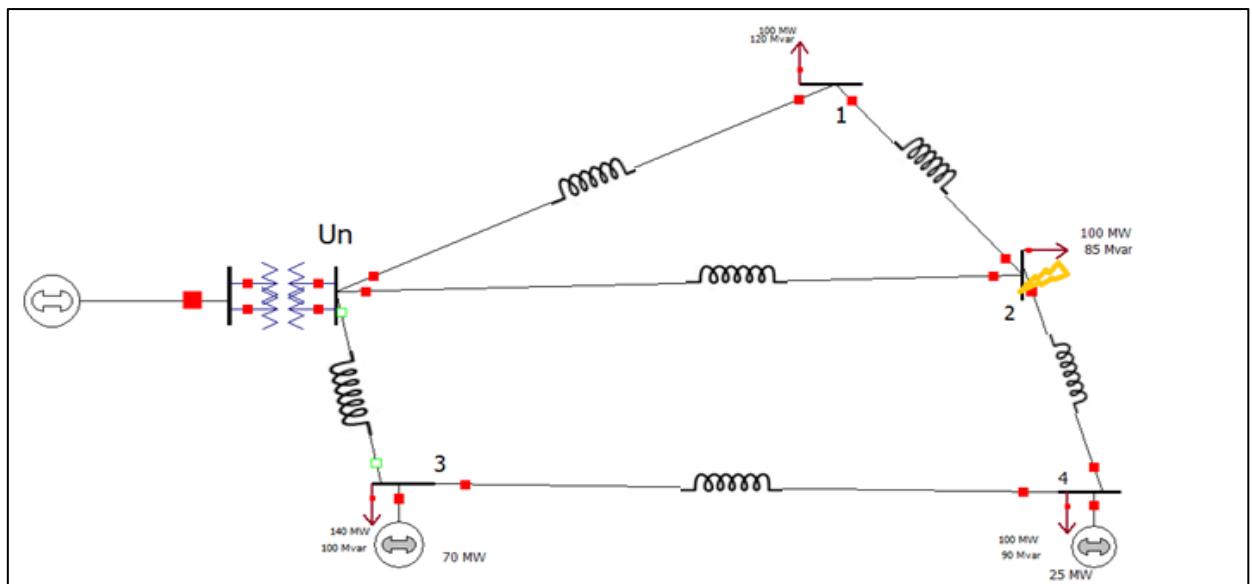
**Fig 4.58:** I<sub>source</sub> de C-C au niveau du nœud 1 [A]

**9/- 1-3- Les courants des lignes de C-C du nœud 1:**

Lignes	Courant de C-C [KA]
<b>L<sub>1</sub></b>	1,36
<b>L<sub>2</sub></b>	0,55
<b>L<sub>3</sub></b>	0,43
<b>L<sub>5</sub></b>	0,4
<b>L<sub>6</sub></b>	0,6
<b>I<sub>source</sub></b>	1 ,27

**Tableau 4.22:** Les courants des lignes de C-C du nœud 1

**9/- 2- Court-circuit au niveau du nœud 2 :**



**Fig 4.59:** Réalisation du C-C au niveau du nœud 2

## 9/- 2-2-Résultats de C-C au niveau du nœud 2 :

1 (2) [220,0 kV]
2 (3) [220,0 kV]
3 (5) [220,0 kV]
4 (4) [220,0 kV]
Un (1) [220,0 kV]

Bus Records	Lines	Generators	Loads	Switched Shunt Buses	Y-Bus Matrices		
From Name	To Name	Phase Cur A From	Phase Cur B From	Phase Cur C From	Phase Cur A To	Phase Cur B To	Phase Cur C To
1 Un	1	294,75	294,75	294,75	296,32	296,32	296,32
2 Un	2	1049,89	1049,89	1049,89	1052,81	1052,81	1052,81
3 Un	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4 1	2	357,37	357,37	357,37	357,71	357,71	357,71
5 2	4	707,84	707,84	707,84	707,35	707,35	707,35
6 3	4	452,16	452,16	452,16	452,16	452,16	452,16

**Fig 4.60:** Résultats de C-C au niveau du nœud 2 [A]

Number of Bus	Name of Bus	Phase Cur A	Phase Cur B	Phase Cur C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1 Un	1266,41	1266,41	1266,41	-35,14	-155,14	84,86

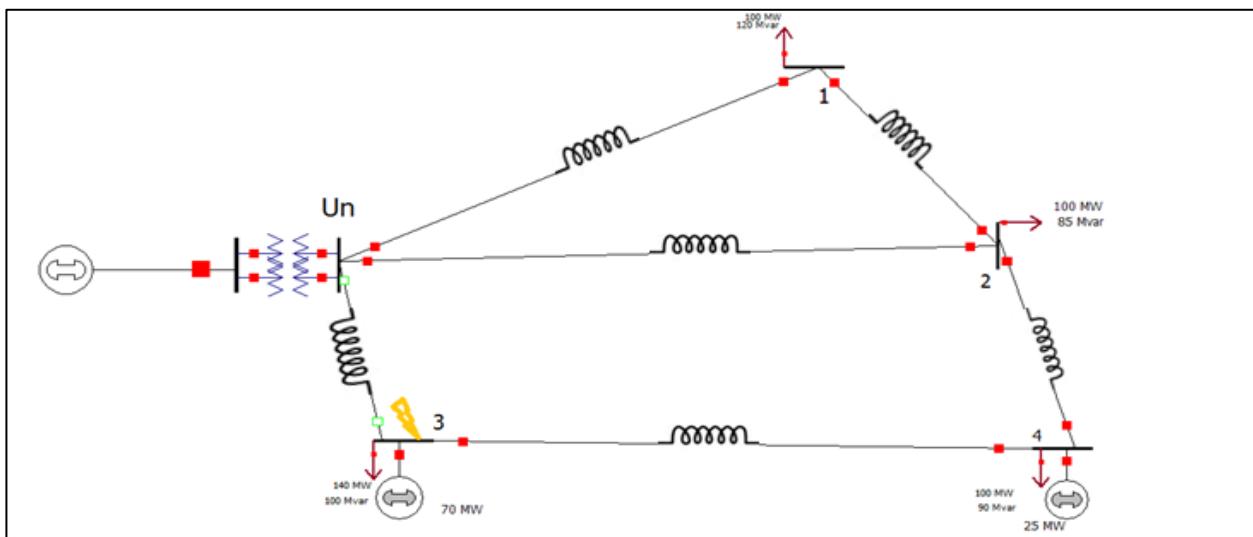
**Fig 4.61:** I<sub>source</sub> de C-C au niveau du nœud 2 [A]

## 9/- 2-3- Les courants des lignes de C-C du nœud 2:

Lignes	Courant de C-C [KA]
L <sub>1</sub>	0,29
L <sub>2</sub>	0,36
L <sub>3</sub>	1,05
L <sub>5</sub>	0,45
L <sub>6</sub>	0,71
I <sub>source</sub>	1,27

**Tableau 4.23:** Les courants des lignes de C-C du nœud 2

### 9/-3- Court-circuit au niveau du nœud 3 :



**Fig 4.62:** Réalisation du C-C au niveau du nœud 3

### 9/-3-2- Résultats de C-C au niveau du nœud 3 :

1 (2) [220,0 kV]
2 (3) [220,0 kV]
<b>3 (5) [220,0 kV]</b>
4 (4) [220,0 kV]
Un (1) [220,0 kV]

Bus Records							
Lines							
Generators							
Loads							
From Name	To Name	Phase Cur A From	Phase Cur B From	Phase Cur C From	Phase Cur A To	Phase Cur B To	Phase Cur C To
1 Un	1	367,42	367,42	367,42	380,45	380,45	380,45
2 Un	2	873,58	873,58	873,58	901,00	901,00	901,00
3 Un	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4 1	2	252,95	252,95	252,95	257,17	257,17	257,17
5 2	4	1138,75	1138,75	1138,75	1142,01	1142,01	1142,01
6 3	4	1292,39	1292,39	1292,39	1292,39	1292,39	1292,39

**Fig 4.63:** Résultats de C-C au niveau du nœud 3 [A]

Number of Bus	Name of Bus	Phase Cur A	Phase Cur B	Phase Cur C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1 Un	1195,22	1195,22	1195,22	-32,35	-152,35	87,65

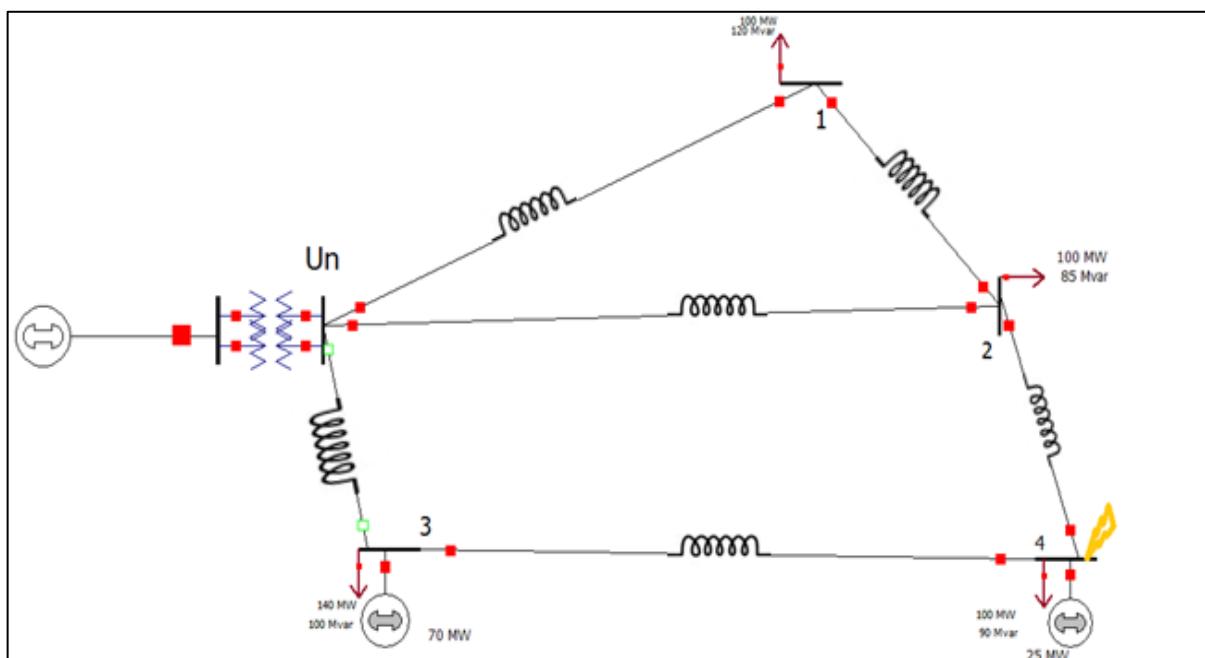
**Fig 4.64:** I<sub>source</sub> de C-C au niveau du nœud 3 [A]

### 9/- 3- Les courants des lignes de C-C du nœud 3:

Lignes	Courant de C-C [KA]
$L_1$	0,37
$L_2$	0,25
$L_3$	0,87
$L_5$	1,29
$L_6$	1 ,14
$I_{\text{source}}$	1,2

**Tableau 4.24:** Les courants des lignes de C-C du nœud 3

### 9/-4- Court-circuit au niveau du nœud 4 :



**Fig 4.65:** Réalisation du C-C au niveau du nœud 4

### 9/-4-2- Résultats de C-C au niveau du nœud 4 :

1 (2) [220,0 kV]
2 (3) [220,0 kV]
3 (5) [220,0 kV]
4 (4) [220,0 kV]
Un (1) [220,0 kV]

Bus Records	Lines	Generators	Loads	Switched Shunt Buses	Y-Bus Matrices						
DPT.	.00 +.00 .00	REC'D	Records	Geo	Set	Columns	AUX1	AUX2	SORT ABCD	f(x)	Options
From Name	To Name	Phase Cur A From	Phase Cur B From	Phase Cur C From	Phase Cur A To	Phase Cur B To	Phase Cur C To				
1 Un	1	328,95	328,95	328,95	335,37	335,37	335,37				
2 Un	2	965,45	965,45	965,45	980,44	980,44	980,44				
3 Un	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
4 1	2	308,27	308,27	308,27	310,49	310,49	310,49				
5 2	4	1383,66	1383,66	1383,66	1384,63	1384,63	1384,63				
6 3	4	508,75	508,75	508,75	508,75	508,75	508,75				

**Fig 4.66:** Résultats de C-C au niveau du nœud 4 [A]

	Number of Bus	Name of Bus	Phase Cur A	Phase Cur B	Phase Cur C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1	Un	1231,13	1231,13	1231,13	-33,94	-153,94	86,06

**Fig 4.67:** I<sub>source</sub> de C-C au niveau du nœud 4 [A]

### 9/-4-3-Les courants des lignes de C-C du nœud 4:

Lignes	Courant de C-C [KA]
L <sub>1</sub>	0,33
L <sub>2</sub>	0,31
L <sub>3</sub>	0,97
L <sub>5</sub>	0,51
L <sub>6</sub>	1,38
I <sub>source</sub>	1,23

**Tableau 4.25:** Les courants des lignes de C-C du nœud 4

**9/-5-Résumés des résultats des courants des lignes de C-C des nœuds [KA]:**

Nœuds Lignes	1	2	3	4
<b>L1</b>	1,36	0,29	0,37	0,33
<b>L2</b>	0,55	0,36	0,25	0,31
<b>L3</b>	0,43	1,05	0,87	0,97
<b>L5</b>	0,4	0,45	1,29	0,51
<b>L6</b>	0,6	0,71	1 ,14	1,38
<b>I<sub>source</sub></b>	1 ,27	1,27	1,2	1,23

**Tableau 4.26:** Résumés des I<sub>cc</sub> des lignes des 4 nœuds

**9/-6- Les valeurs des courants minimaux et maximaux des lignes de C-C des nœuds [KA]:**

Les lignes	I <sub>minimal</sub> [KA]	I <sub>maximal</sub> [KA]
<b>L1</b>	0,29	1,36
<b>L2</b>	0,25	0,55
<b>L3</b>	0,43	1,05
<b>L5</b>	0,4	1,29
<b>L6</b>	0,6	1,38
<b>I<sub>source</sub></b>	1,2	1 ,27

**Tableau 4.27:** les valeurs I<sub>max</sub> et I<sub>min</sub> des C-C des lignes

## **10/- Conclusion :**

L'étude du régime après avarie dans ce chapitre nous a permis de garantir la fiabilité du réseau lors de coupure des lignes ou bien un court-circuit .l'objectif principal de cette étude et d'assurer que le réseau reste exploitable et stable et continue de fonctionner par des solutions tels que l'injection des énergies renouvelables. .

**Chapitre 05 :**

**Etude du régime  
futur**

## 1/- Le régime futur :

L'étude de régime futur consiste à déterminer les tensions des nœuds en vérifiant l'exploitation du réseau quand les charges augmentent de (5%) chaque année, après 10 ans on aura des charges de 1,5 fois plus grande

$$5 \% \longrightarrow 1 \text{ an}$$

$$50 \% \longrightarrow X \text{ an}$$

$$X \text{ an} = 10 \text{ ans}$$

## 2/- Les charges futures :

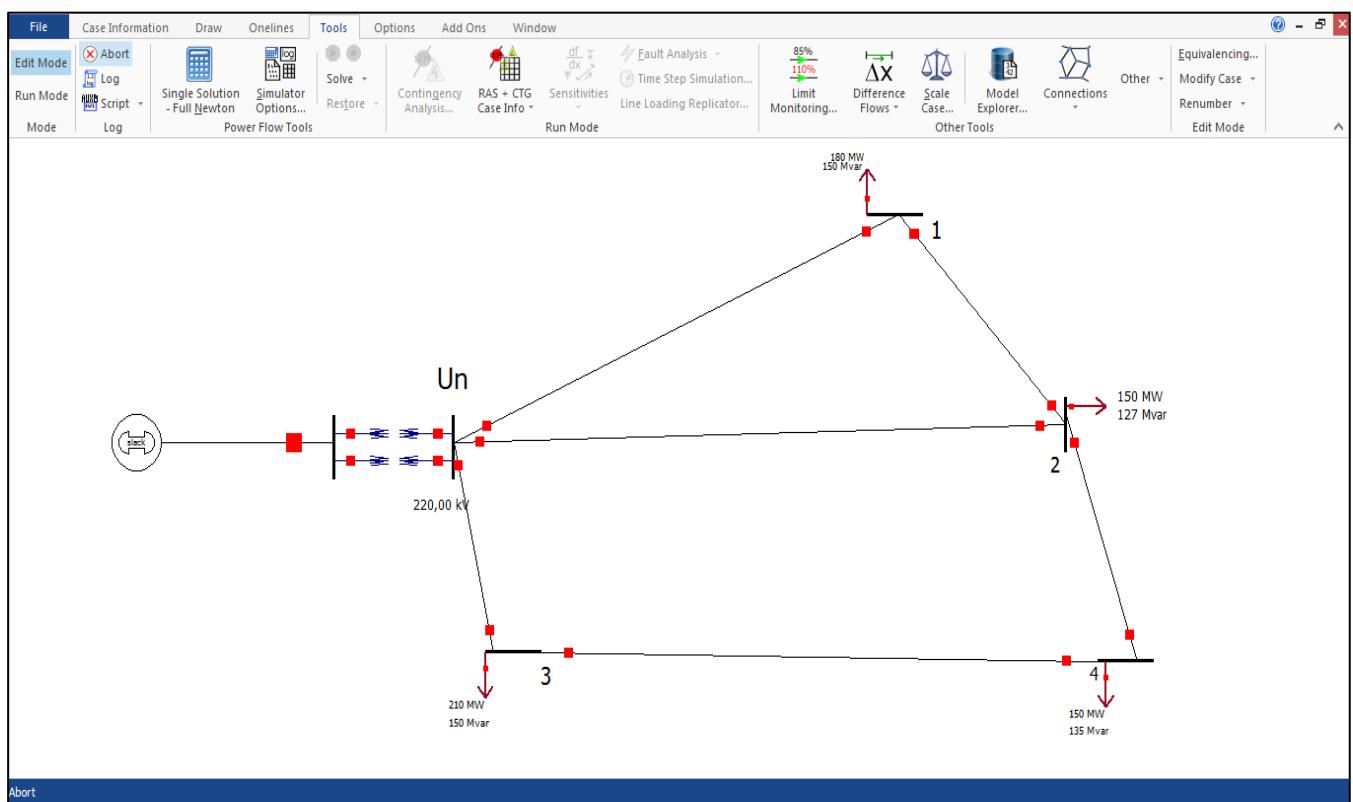
$$\dot{S}_1 = 1,5 \dot{S}_1 = 1,5 (120+j100) = (180+j150) \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_2 = 1,5 \dot{S}_2 = 1,5 (100+j85) = (150+j127,5) \text{ [MVA]}$$

$$\dot{S}_3 = 1,5 \dot{S}_3 = 1,5 (140+j100) = (210+j150) \text{ [MVA]}$$

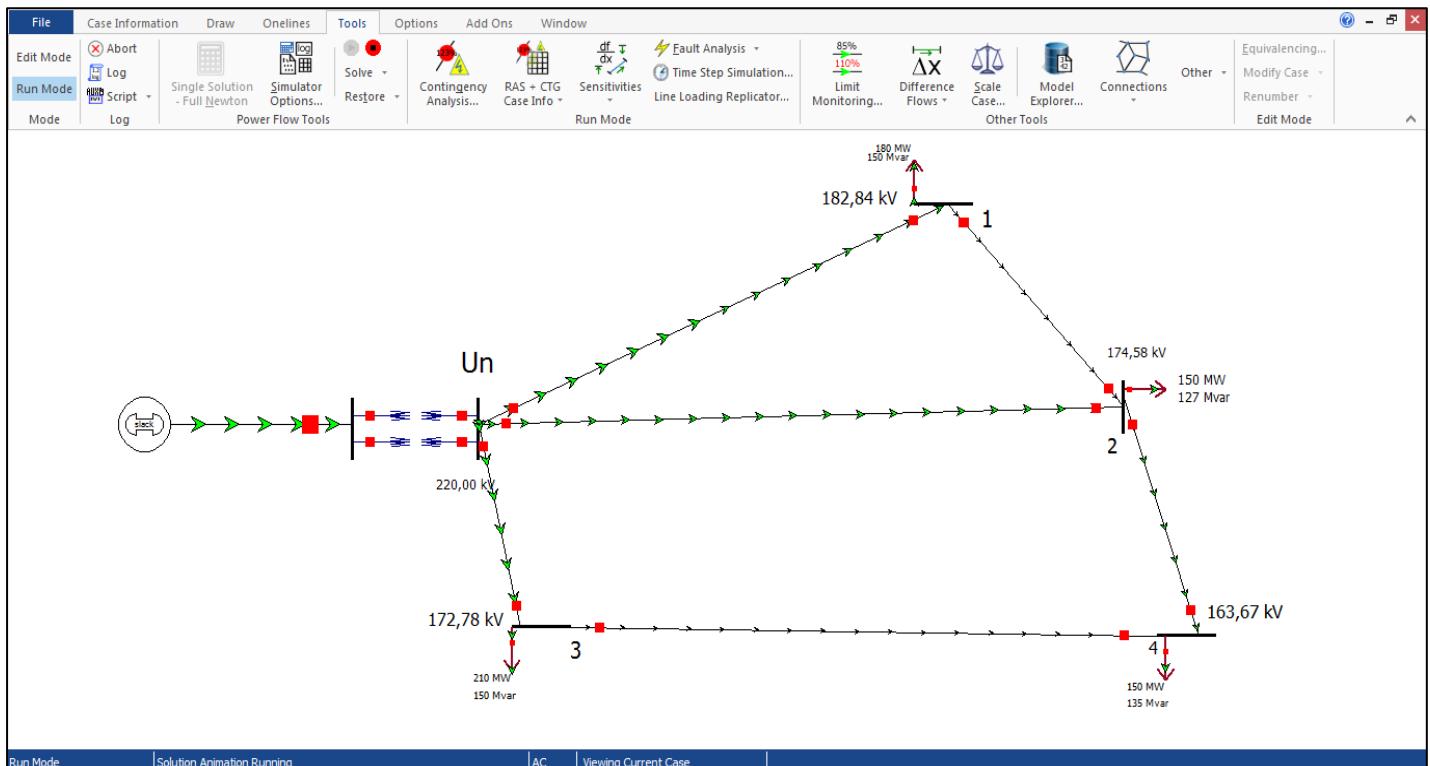
$$\dot{S}_4 = 1,5 \dot{S}_4 = 1,5 (100+j90) = (150+j135) \text{ [MVA]}$$

## 3/- Réalisation du réseau en régime futur sur le powerworld :



**Fig 5.1:** Réalisation du réseau en régime futur

## 4/- les tensions :



**Fig 5.2:** Les tension des nœuds du régime futur sur le Power World

Après avoir simuler le réseau sur le powerworld , les tensions sont comme suit :

$$U_1 = 182,85 \text{ [KV]}$$

$$U_2 = 174,58 \text{ [KV]}$$

$$U_3 = 172,78 \text{ [KV]}$$

$$U_4 = 163,67 \text{ [KV]}$$

## 5/-Les écarts relatifs en (%) des tensions : (+10%)

$$U_1^* = \frac{182,85 - 220}{220} \times 100 = -16,8863636 \text{ (%)}$$

$$U_2^* = \frac{174,58 - 220}{220} \times 100 = -20,645454 \text{ (%)}$$

$$U_3^* = \frac{172,78 - 220}{220} \times 100 = -21,4636363 \text{ (%)}$$

$$U_4^* = \frac{163,67 - 220}{220} \times 100 = -25,604545 \text{ (%)}$$

Buses						
	DPT	+0 -0 +00 -00	Auxiliary	Records	Geo	Set
	ABC		ABCD	Columns		
				AUXB	AUXB	
						SORT ABCD f(x)
	Filter	Advanced	Bus			
	Number	Name	PU Volt	Volt (kV)	Load MW	Load Mvar
1	1	Un	1,00000	220,000		
2	2	1	0,83111	182,845	180,00	150,00
3	3	2	0,79356	174,583	150,00	127,50
4	4	3	0,78537	172,782	210,00	150,00
5	5	4	0,74397	163,673	150,00	135,00

**Fig 5.3 :** Tableau des tensions du powerworld

→ D'après les calculs des écarts de tensions trouvées par le powerworld et le tableau des tensions notre réseau n'est pas exploitable car quand les tensions du tableau du powerworld sont ont rouges cela veut dire que le réseau n'est pas exploitable et les écarts ne sont pas dans les limites admissibles.

## 6/- Résolution du problème :

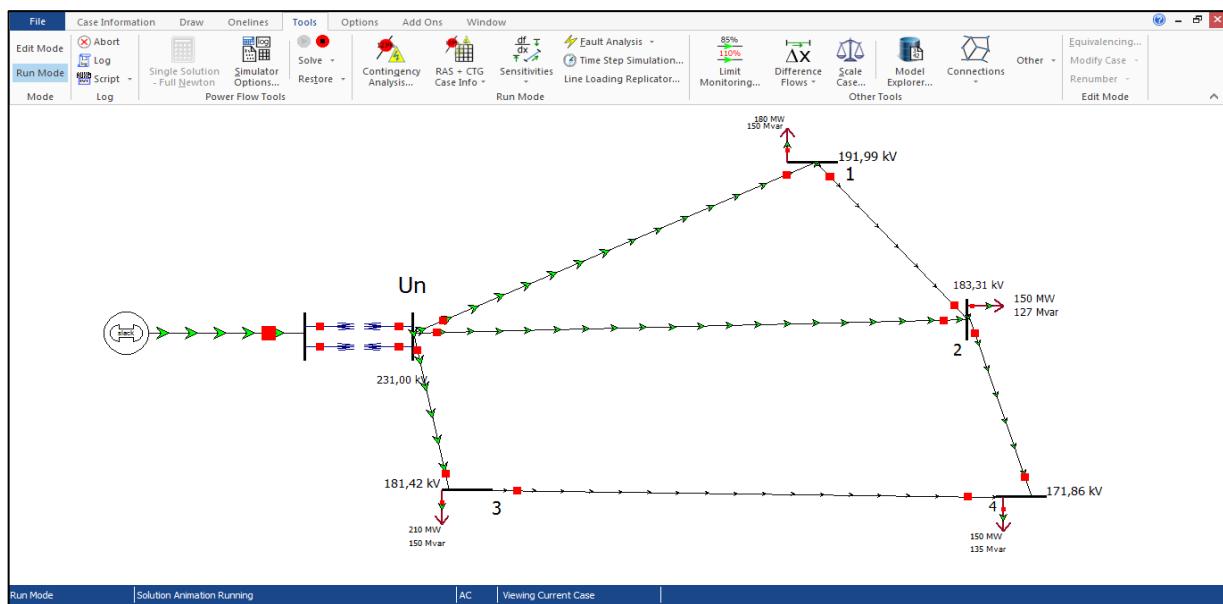
Pour rendre le réseau exploitable il faut prévenir des moyens.

### 6/1-Augmentation de tension :

Pour que la tension des points les plus éloignés des réseaux dont notre cas ne dépasse pas les limites admissibles, on augmente la tension de la source +5%.

$$U_{sn} = 1.05 U_n = 1.05 \times 220 = 231 \text{ [KV]}$$

#### 6/1-2- réalisation du réseau +5% en régime futur :



**Fig 5.4 :** Réalisation du réseau +5% en régime futur

### 6/-1-3- Les tensions :

U1= 191,99 [KV]

U2= 183,31 [KV]

U3= 181,42 [KV]

U4= 171,86 [KV]

### 6/-1-4-Les écarts relatifs en (%) des tensions : (+10%)

$$U^*_1 = \frac{191,99 - 231}{231} \times 100 = -16,8863636\% \quad (\text{+10\%})$$

$$U^*_2 = \frac{183,31 - 231}{231} \times 100 = -20,645021\% \quad (\text{+10\%})$$

$$U^*_3 = \frac{181,42 - 231}{231} \times 100 = -21,463203\% \quad (\text{+10\%})$$

$$U^*_4 = \frac{171,86 - 231}{231} \times 100 = -25,601731\% \quad (\text{+10\%})$$

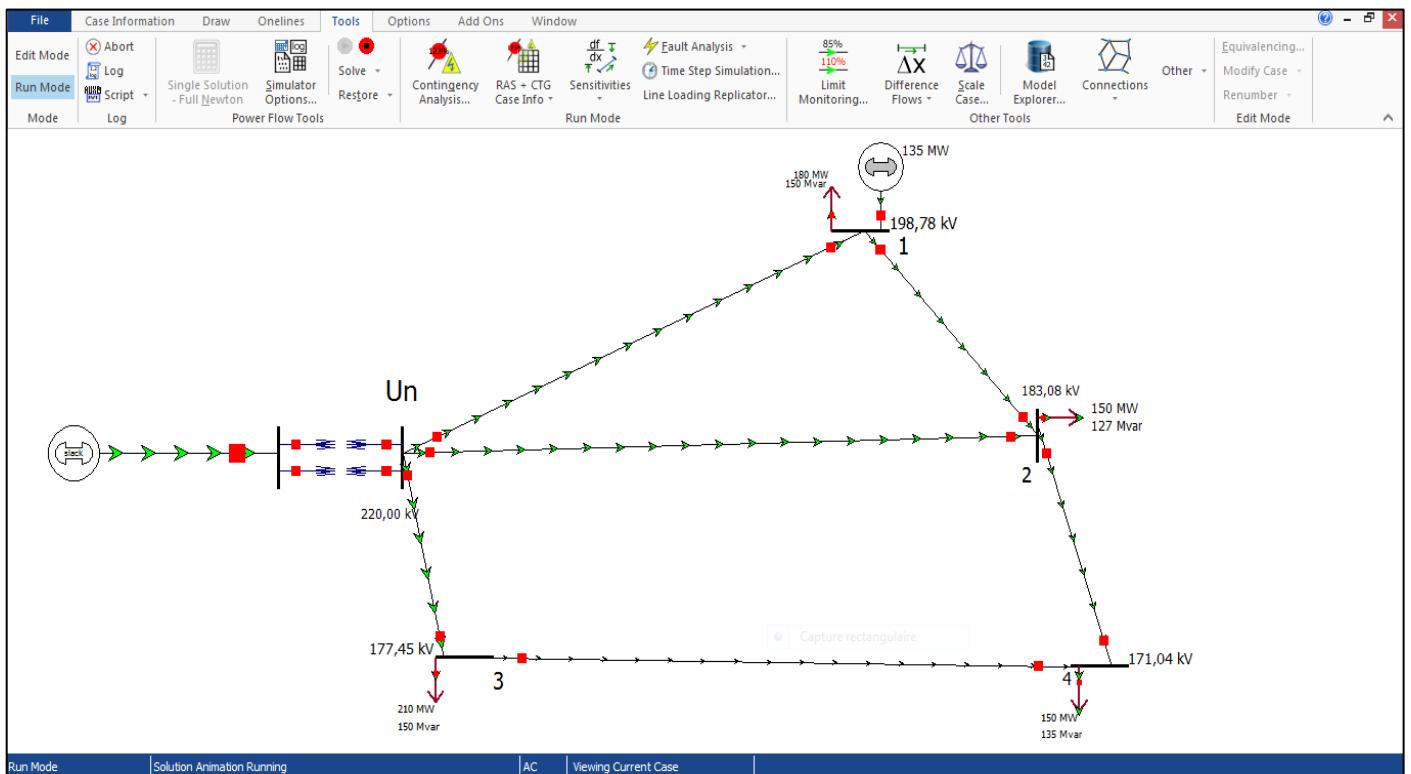
	Number	Name	PU Volt	Volt (kV)	Load MW	Load Mvar
1	1	Un	1,00000	231,000		
2	2	1	0,83111	191,987	180,00	150,00
3	3	2	0,79356	183,312	150,00	127,50
4	4	3	0,78537	181,421	210,00	150,00
5	5	4	0,74397	171,857	150,00	135,00

**Fig 5.5 :** Tableau du powerworld des tensions du réseau +5%

→ On remarque que même après avoir augmenter la tension de la source (+5%) ,les calculs des écarts de tensions trouvées par le powerworld et le tableau des tensions notre réseau est encore non exploitable et même les écarts ne sont pas dans les limites admissibles .on passe donc à une autre moyenne pour résoudre ce problème.

## 6/-2-3-Régime futur avec l'injection des énergies renouvelables :

### A-1/-Cas 01 : Injection d'énergie renouvelable au nœud 1 :



**Fig 5.6 :** Injection d'énergie renouvelable au nœud 1

### A-2/-Les tensions :

$$U_1 = 198,78 \text{ [KV]}$$

$$U_2 = 183,08 \text{ [KV]}$$

$$U_3 = 177,45 \text{ [KV]}$$

$$U_4 = 171,04 \text{ [KV]}$$

### A-3/-Les écarts relatifs en (%) des tensions :

$$U_1^* = \frac{198,78 - 220}{220} \times 100 = -9,6454545 \text{ (%)}$$

$$U_2^* = \frac{183,08 - 220}{220} \times 100 = -16,781818 \text{ (%)}$$

$$U_3^* = \frac{177,45 - 220}{220} \times 100 = -19,349091 \text{ (%)}$$

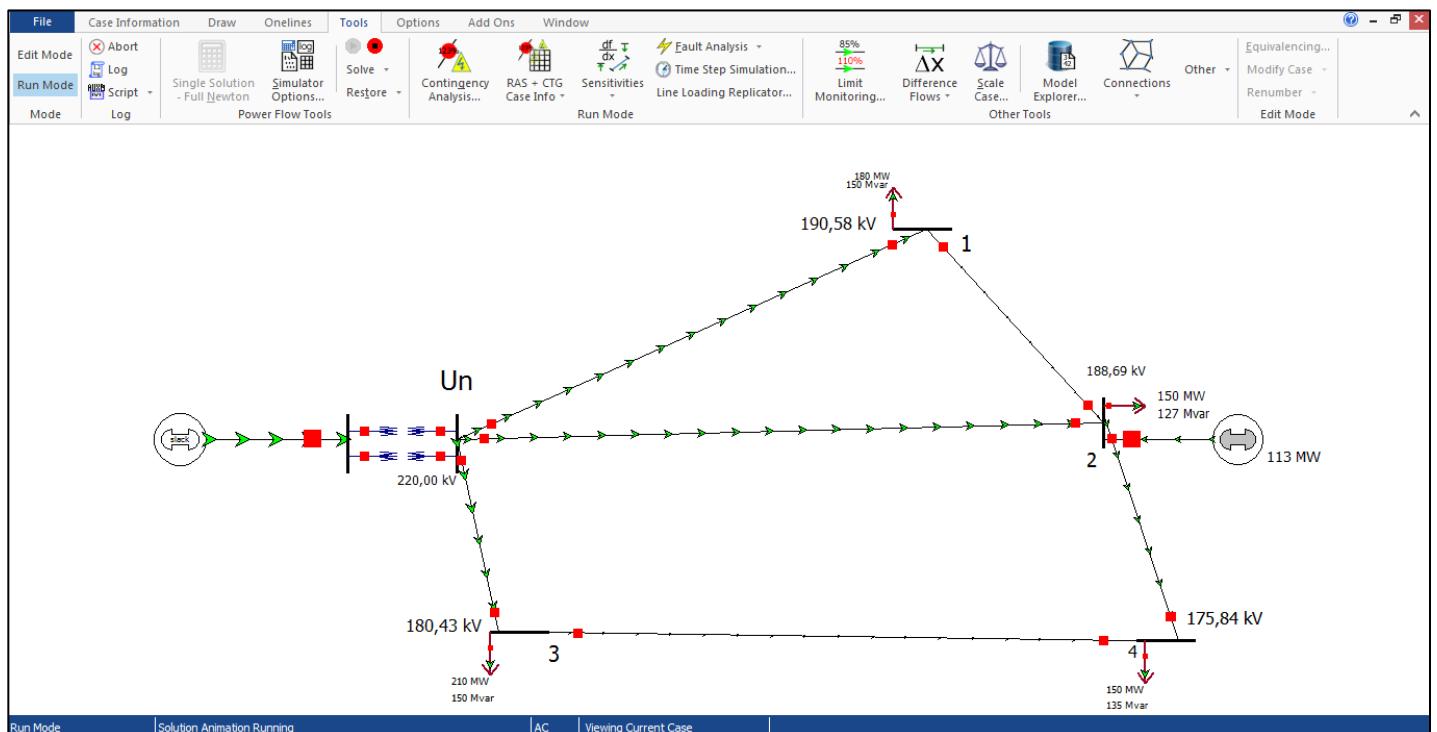
$$U_4^* = \frac{171,04 - 220}{220} \times 100 = -22,254545 \text{ (%)}$$

	Number	Name	PU Volt	Volt (kV)	Load MW	Load Mvar
1	1	Un	1,00000	220,000		
2	2	1	0,90356	198,783	180,00	150,00
3	3	2	0,83219	183,082	150,00	127,50
4	4	3	0,80659	177,450	210,00	150,00
5	5	4	0,77745	171,039	150,00	135,00

**Fig 5.7 :** Tableau des tensions d'injection d'énergie renouvelable au nœud 1

→ On remarque que même après avoir injecter l'énergie renouvelable au nœud 1 les calculs des écarts de tensions trouvées par le powerworld et le tableau des tensions notre réseau est encore non exploitable et même les écarts ne sont pas dans les limites admissibles .on passe donc au 2éme cas

### **B-1/-Cas 02 : Injection d'énergie renouvelable au nœud 2 :**



**Fig 5.8 :** Injection d'énergie renouvelable au nœud 2

### **B-2/-Les tensions :**

$$U_1 = 190,58 \text{ [KV]}$$

$$U_2 = 188,69 \text{ [KV]}$$

$$U_3 = 180,43 \text{ [KV]}$$

$$U_4 = 175,85 \text{ [KV]}$$

### B-3/Les écarts relatifs en (%) des tensions :

$$U^*_1 = \frac{190,58 - 220}{220} \times 100 = -13,372727 \text{ (%)}$$

$$U^*_2 = \frac{188,69 - 220}{220} \times 100 = -14,231818 \text{ (%)}$$

$$U^*_3 = \frac{180,43 - 220}{220} \times 100 = -17,986363 \text{ (%)}$$

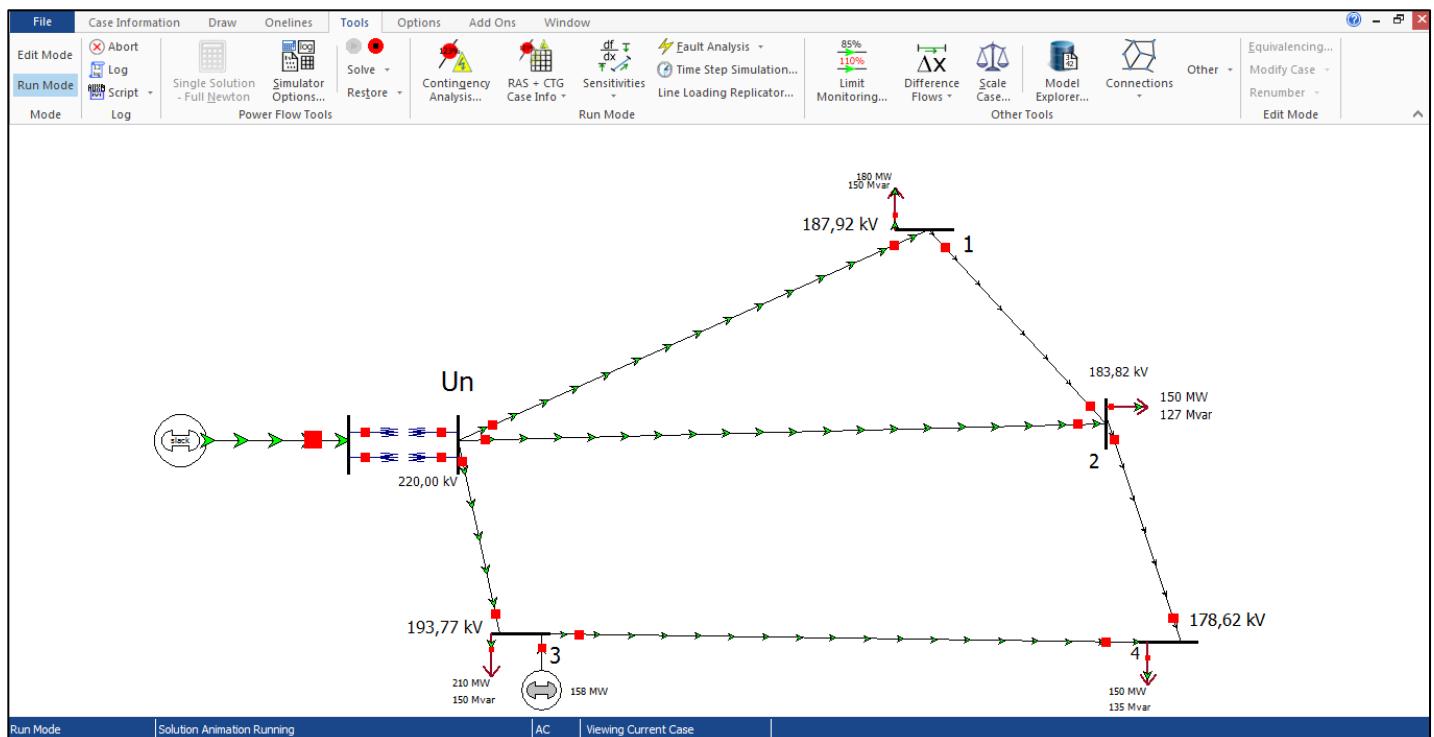
$$U^*_4 = \frac{175,85 - 220}{220} \times 100 = -20,068181 \text{ (%)}$$

Bus						
	Number	Name	PU Volt	Volt (kV)	Load MW	Load Mvar
1	1	Un	1,00000	220,000		
2	2	1	0,86628	190,582	180,00	150,00
3	3	2	0,85770	188,695	150,00	127,50
4	4	3	0,82014	180,430	210,00	150,00
5	5	4	0,79928	175,842	150,00	135,00

**Fig 5.9 :** Tableau des tensions d'injection d'énergie renouvelable au nœud 2

→ On remarque que même après avoir injecter l'énergie solaire aux nœuds 2 les calculs des écarts de tensions trouvées par le powerworld et le tableau des tensions notre réseau est encore non exploitable et même les écarts ne sont pas dans les limites admissibles .on passe donc au 3ème cas.

### C-1/Cas 03 : Injection d'énergie renouvelable au nœud 3 :



**Fig 5.10 :** Injection d'énergie renouvelable au nœud 3

## C-2/Les tensions :

U<sub>1</sub>= 187,92 [KV]

U<sub>2</sub>= 183,82 [KV]

U<sub>3</sub>= 193,77 [KV]

U<sub>4</sub>= 178,62 [KV]

## C-3/Les écarts relatifs en (%) des tensions :

$$U^*_1 = \frac{187,92 - 220}{220} \times 100 = -14,581818 \text{ (%)}$$

$$U^*_2 = \frac{183,82 - 220}{220} \times 100 = -16,4454545 \text{ (%)}$$

$$U^*_3 = \frac{193,77 - 220}{220} \times 100 = -11,9227272 \text{ (%)}$$

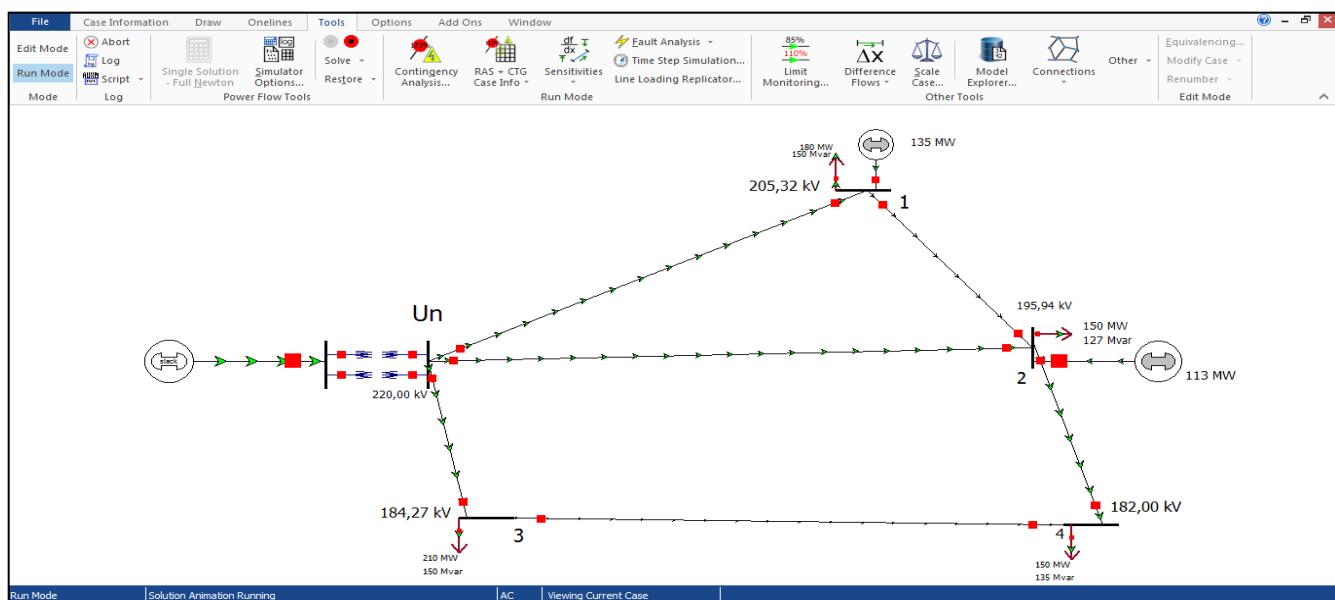
$$U^*_4 = \frac{178,62 - 220}{220} \times 100 = -18,8090909 \text{ (%)}$$

	Number	Name	PU Volt	Volt (kV)	Load MW	Load Mvar
1	1	Un	1,00000	220,000		
2	2	1	0,85416	187,916	180,00	150,00
3	3	2	0,83553	183,817	150,00	127,50
4	4	3	0,88077	193,769	210,00	150,00
5	5	4	0,81193	178,624	150,00	135,00

**Fig 5.11 :** Tableau des tensions d'injection d'énergie renouvelable au nœud 3

→On remarque que même après avoir injecter l'énergie solaire aux nœuds 3 les calculs des écarts de tensions trouvées par le powerworld et le tableau des tensions notre réseau est encore non exploitable et même les écarts ne sont pas dans les limites admissibles .on passe donc au 4ème cas.

## D-1/-Cas 04 : Injection d'énergie renouvelable aux nœuds 1+2 :



**Fig 5.12 :** Injection d'énergie renouvelable aux nœuds 1 + 2

## D-2/-Les tensions :

$$U_1 = 205,32 \text{ [KV]}$$

$$U_2 = 195,94 \text{ [KV]}$$

$$U_3 = 184,27 \text{ [KV]}$$

$$U_4 = 182 \text{ [KV]}$$

## D-3/-Les écarts relatifs en (%) des tensions :

$$U_1^* = \frac{205,32 - 220}{220} \times 100 = -6,6727272 \text{ (%)}$$

$$U_2^* = \frac{195,94 - 220}{220} \times 100 = -10,9363636 \text{ (%)}$$

$$U_3^* = \frac{184,27 - 220}{220} \times 100 = -16,2409091 \text{ (%)}$$

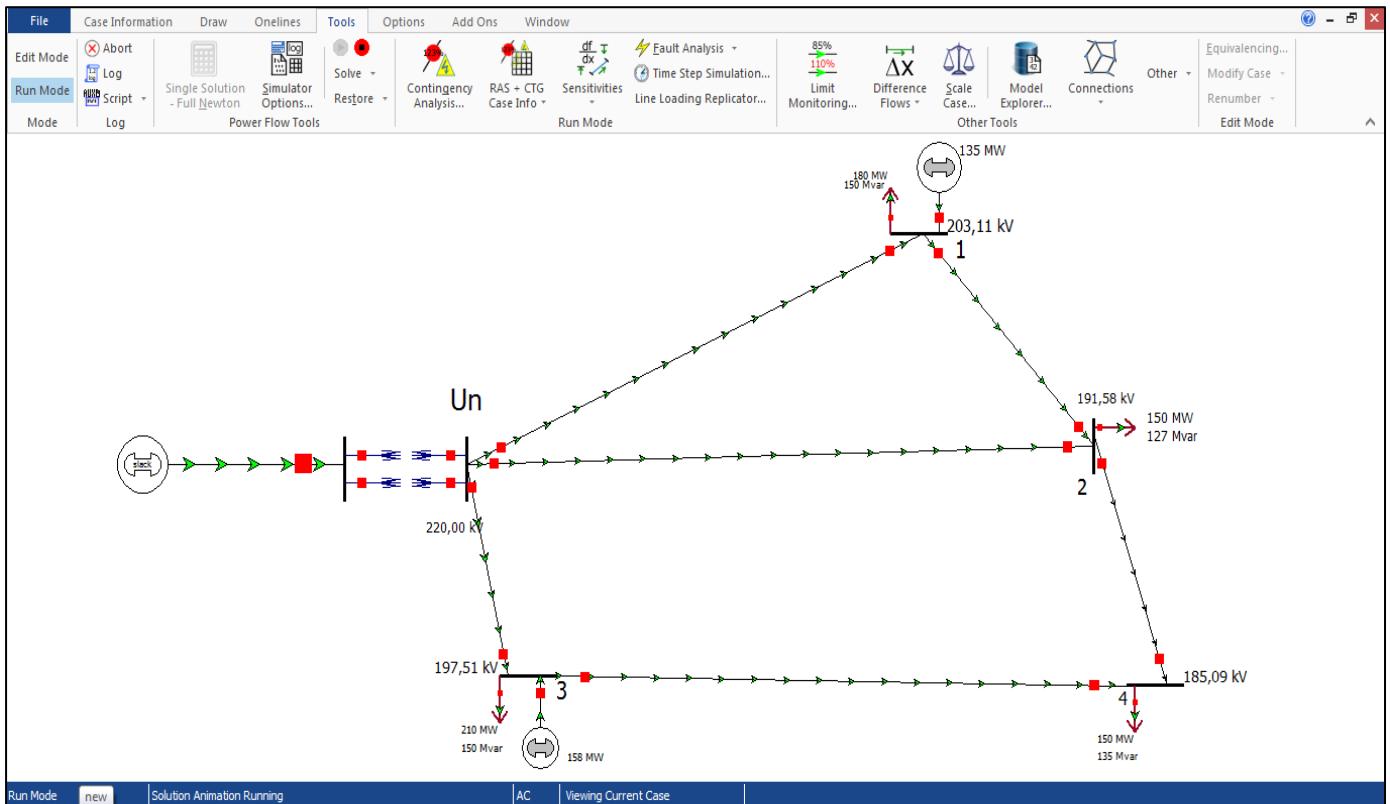
$$U_4^* = \frac{182 - 220}{220} \times 100 = -17,272727273 \text{ (%)}$$

	Number	Name	PU Volt	Volt (kV)	Load MW	Load Mvar
1	1	Un	1,00000	220,000		
2	2	1	0,93325	205,316	180,00	150,00
3	3	2	0,89062	195,936	150,00	127,50
4	4	3	0,83761	184,274	210,00	150,00
5	5	4	0,82726	181,998	150,00	135,00

**Fig 5.13 :** Tableau des tensions d'injection d'énergie renouvelable aux nœuds 1+2

→ On remarque que même après avoir injecter l'énergie solaire aux nœuds 1+2 les calculs des écarts de tensions trouvées par le powerworld et le tableau des tensions notre réseau est encore non exploitable et même les écarts ne sont pas dans les limites admissibles .on passe donc au 5éme cas.

### E-1/-Cas 05 : Injection d'énergie renouvelable aux nœuds 1+3 :



**Fig 5.14 :** Injection d'énergie renouvelable aux nœuds 1 + 3

### E-2/-Les tensions :

$$U_1 = 203,11 \text{ [KV]}$$

$$U_2 = 191,58 \text{ [KV]}$$

$$U_3 = 197,51 \text{ [KV]}$$

$$U_4 = 185,08 \text{ [KV]}$$

### E-3/-Les écarts relatifs en (%) des tensions :

$$U_1^* = \frac{203,11 - 220}{220} \times 100 = -7,6772727 \text{ (%)}$$

$$U_2^* = \frac{191,58 - 220}{220} \times 100 = -12,918181 \text{ (%)}$$

$$U_3^* = \frac{197,51 - 220}{220} \times 100 = -10,222727 \text{ (%)}$$

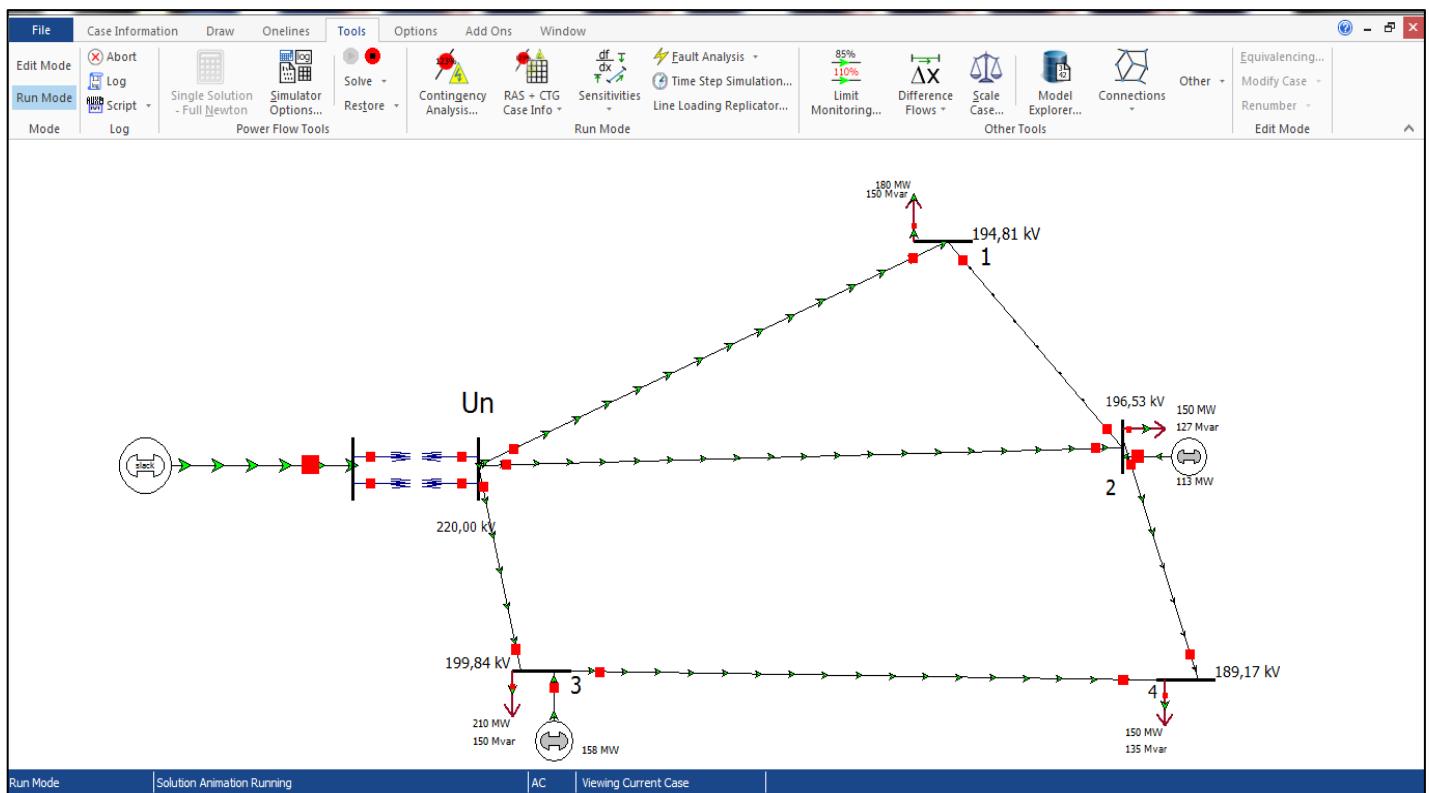
$$U_4^* = \frac{185,08 - 220}{220} \times 100 = -15,872727 \text{ (%)}$$

	Number	Name	PU Volt	Volt (kV)	Load MW	Load Mvar	
1	1	Un	1,00000	220,000			
2	2	1	0,92321	203,107	180,00	150,00	
3	3	2	0,87082	191,580	150,00	127,50	
4	4	3	0,89776	197,507	210,00	150,00	
5	5	4	0,84129	185,084	150,00	135,00	

**Fig 5.15 :** Tableau des tensions d'injection d'énergie renouvelable aux nœuds 1+3

→ On remarque que même après avoir injecter l'énergie solaire aux nœuds 1+3 les calculs des écarts de tensions trouvées par le powerworld et le tableau des tensions notre réseau est encore non exploitable et même les écarts ne sont pas dans les limites admissibles .on passe donc au 6ème cas.

### F-1/-Cas 06 : Injection d'énergie renouvelable aux nœuds 3+2 :



**Fig 5.16 :** Injection d'énergie renouvelable aux nœuds 3 +2

### F-2/-Les tensions :

$$U_1 = 194,80 \text{ [KV]}$$

$$U_2 = 196,53 \text{ [KV]}$$

$$U_3 = 199,84 \text{ [KV]}$$

$$U_4 = 189,16 \text{ [KV]}$$

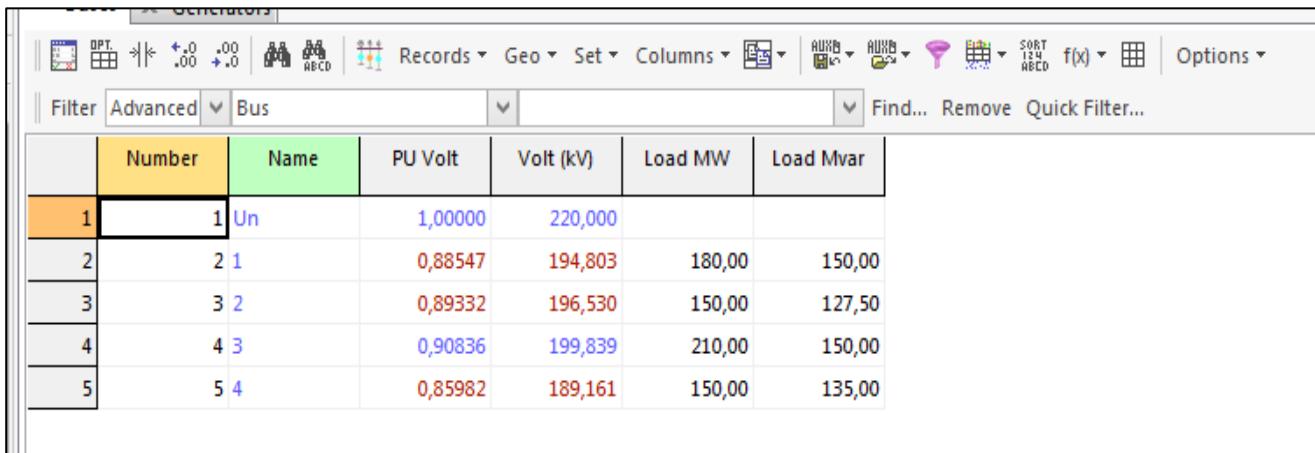
### F-3/-Les écarts relatifs en (%) des tensions :

$$U_1^* = \frac{194,80 - 220}{220} \times 100 = -11,454545 \text{ (%)}$$

$$U_2^* = \frac{196,53 - 220}{220} \times 100 = -10,6681818 \text{ (%)}$$

$$U_3^* = \frac{199,84 - 220}{220} \times 100 = -9,1636363 \text{ (%)}$$

$$U_4^* = \frac{189,16 - 220}{220} \times 100 = -14,018181 \text{ (%)}$$



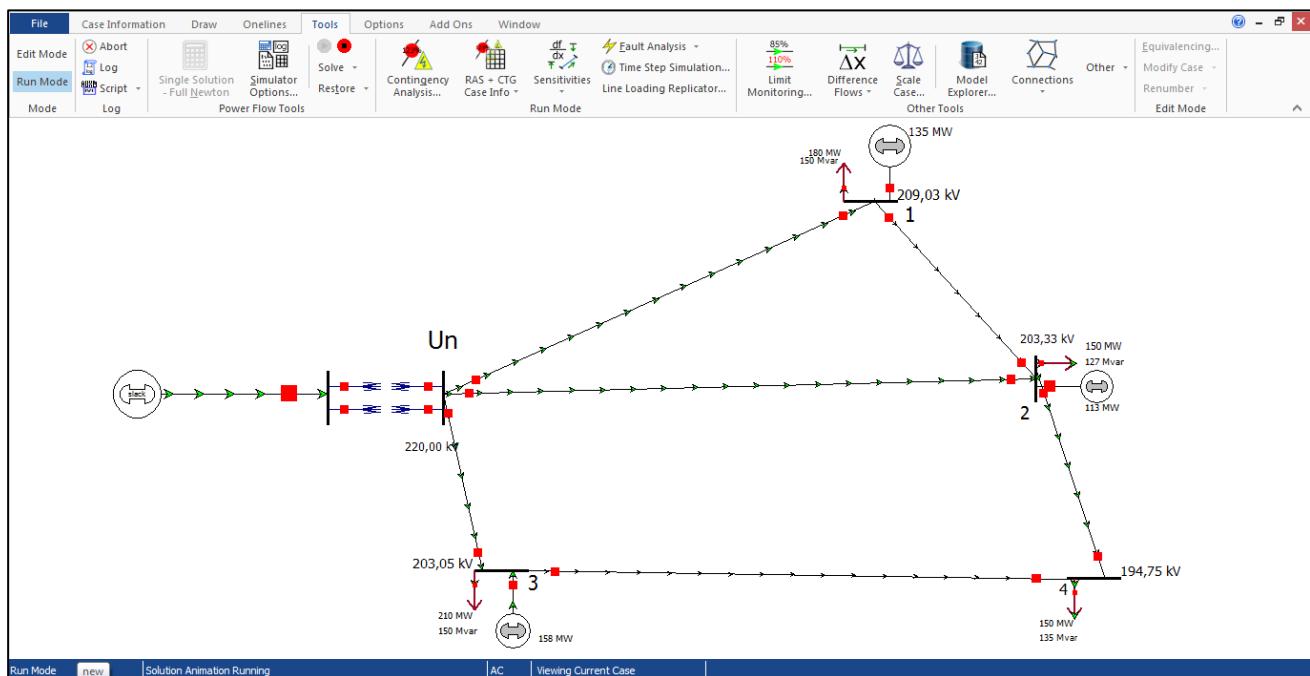
The screenshot shows a software interface with a menu bar at the top. Below the menu is a toolbar with various icons. A table is displayed in the center, titled 'Bus'. The columns are labeled: Number, Name, PU Volt, Volt (kV), Load MW, and Load Mvar. The data rows are as follows:

Number	Name	PU Volt	Volt (kV)	Load MW	Load Mvar
1	1 Un	1,00000	220,000		
2	2 1	0,88547	194,803	180,00	150,00
3	3 2	0,89332	196,530	150,00	127,50
4	4 3	0,90836	199,839	210,00	150,00
5	5 4	0,85982	189,161	150,00	135,00

**Fig 5.17 :** Tableau des tensions d'injection d'énergie renouvelable aux nœuds 3 +2

→On remarque que même après avoir injecter l'énergie solaire aux nœuds 3+2 les calculs des écarts de tensions trouvées par le powerworld et le tableau des tensions notre réseau est encore non exploitable et même les écarts ne sont pas dans les limites admissibles .on passe donc au 7éme cas.

### G-1/-Cas 07 : Injection d'énergie renouvelable aux nœuds 1+3+2 :



**Fig 5.18 :** Injection d'énergie renouvelable aux nœuds 1 + 3 +2

## G-2/Les tensions :

U<sub>1</sub>= 209,03 [KV]

U<sub>2</sub>= 203,33 [KV]

U<sub>3</sub>= 203,05 [KV]

U<sub>4</sub>= 194,75 [KV]

## G-3/Les écarts relatifs en (%) des tensions :

$$U^*_1 = \frac{209,03 - 220}{220} \times 100 = -4,986363 \text{ (%)}$$

$$U^*_2 = \frac{203,33 - 220}{220} \times 100 = -7,5772727 \text{ (%)}$$

$$U^*_3 = \frac{203,05 - 220}{220} \times 100 = -7,7045454 \text{ (%)}$$

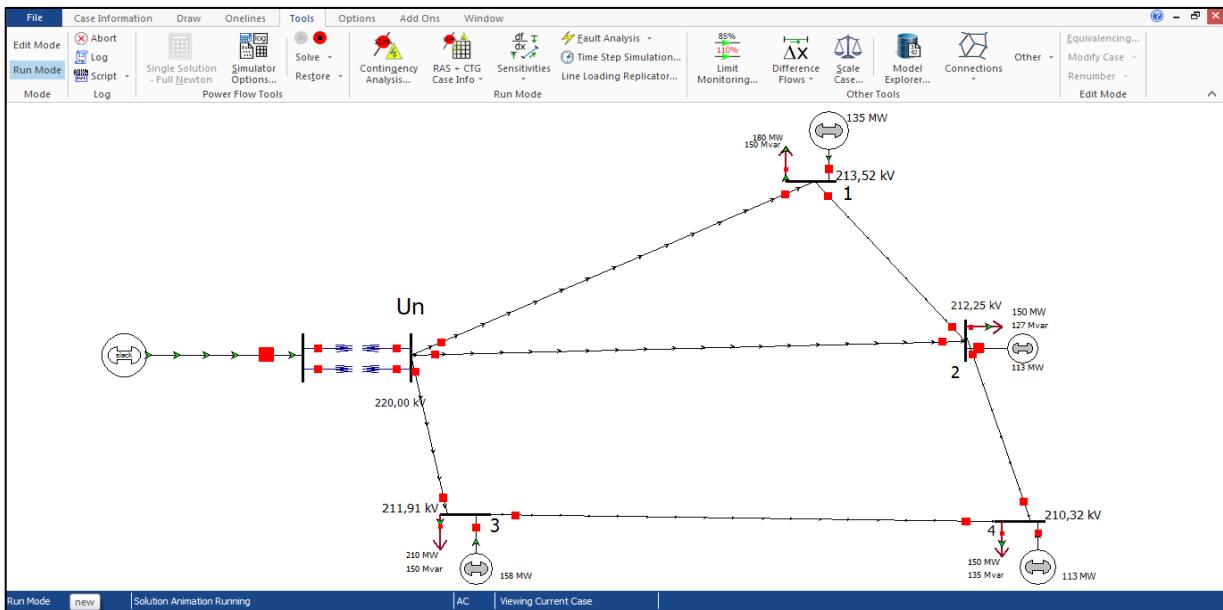
$$U^*_4 = \frac{194,75 - 220}{220} \times 100 = -11,4772727 \text{ (%)}$$

	Number	Name	PU Volt	Volt (kV)	Load MW	Load Mvar
1	1	Un	1,00000	220,000		
2	2	1	0,95013	209,030	180,00	150,00
3	3	2	0,92422	203,329	150,00	127,50
4	4	3	0,92295	203,049	210,00	150,00
5	5	4	0,88522	194,748	150,00	135,00

**Fig 5.19 :** Tableau des tensions d'injection d'énergie renouvelable aux nœuds 2+3+1

→ On remarque que même après avoir injecter l'énergie solaire aux nœuds 1+ 2+3 les calculs des écarts de tensions trouvées par le powerworld et le tableau des tensions notre réseau est encore non exploitable et même les écarts ne sont pas dans les limites admissibles .on passe donc au 8éme cas.

## H-1/-Cas 08 : Injection d'énergie renouvelable aux 4 nœuds :



**Fig 5.20 :** Injection d'énergie renouvelable aux 4 nœuds

## H-2/-Les tensions :

$$U_1 = 213,52 \text{ [KV]}$$

$$U_2 = 212,25 \text{ [KV]}$$

$$U_3 = 211,91 \text{ [KV]}$$

$$U_4 = 210,32 \text{ [KV]}$$

## H-3/-Les écarts relatifs en (%) des tensions :

$$U_1^* = \frac{213,52 - 220}{220} \times 100 = -2,945445 \text{ (%)}$$

$$U_2^* = \frac{212,25 - 220}{220} \times 100 = -3,5227272 \text{ (%)}$$

$$U_3^* = \frac{211,91 - 220}{220} \times 100 = -3,6772727 \text{ (%)}$$

$$U_4^* = \frac{210,32 - 220}{220} \times 100 = -4,4 \text{ (%)}$$

	Number	Name	PU Volt	Volt (kV)	Load MW	Load Mvar
1	1	Un	1,00000	220,000		
2	2	1	0,97055	213,521	180,00	150,00
3	3	2	0,96478	212,253	150,00	127,50
4	4	3	0,96322	211,908	210,00	150,00
5	5	4	0,95602	210,324	150,00	135,00

**Fig 5.21 :** Tableau des tensions d'injection d'énergie renouvelable aux 4 nœuds

→ On remarque qu'après avoir injecter les énergies renouvelables dans tous les nœuds, les calculs des écarts de tensions trouvées par le powerworld et le tableau des tensions notre réseau est exploitable et même les écarts sont dans les limites admissibles.

## 7/-Résumés des résultats des 8 cas :

Nœuds	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Cas 5	Cas 6	Cas 7	Cas 8
1	198,78 [KV]	190,58 [KV]	187,92 [KV]	205,32 [KV]	203,11 [KV]	194,80 [KV]	209,03 [KV]	<b>213,52 [KV]</b>
	-9,645%	-13,372%	-14,581%	-6,672%	-7,677%	-11,454%	-4,986%	<b>-2,945%</b>
2	183,08 [KV]	188,69 [KV]	183,82 [KV]	195,94 [KV]	191,58 [KV]	196,53 [KV]	203,33 [KV]	<b>212,25 [KV]</b>
	-16,781%	-14,231%	-16,445%	-10,936%	-10,936%	-10,668%	-7,577%	<b>-3,522%</b>
3	177,45 [KV]	180,43 [KV]	193,77 [KV]	184,27 [KV]	197,51 [KV]	199,84 [KV]	203,05 [KV]	<b>211,91 [KV]</b>
	-19,349%	-17,986%	-11,922%	-16,240%	-16,240%	-9,163%	-7,704%	<b>-3,677%</b>
4	171,04 [KV]	175,85 [KV]	178,62 [KV]	182 [KV]	185,08 [KV]	189,16 [KV]	194,75 [KV]	<b>210,32 [KV]</b>
	-22,254%	-20,068%	-18,809%	-17,272%	-17,272%	-14,018%	-11,477%	<b>-4,4%</b>

Tableau 5.1 : Résumé des résultats du 8<sup>er</sup> cas

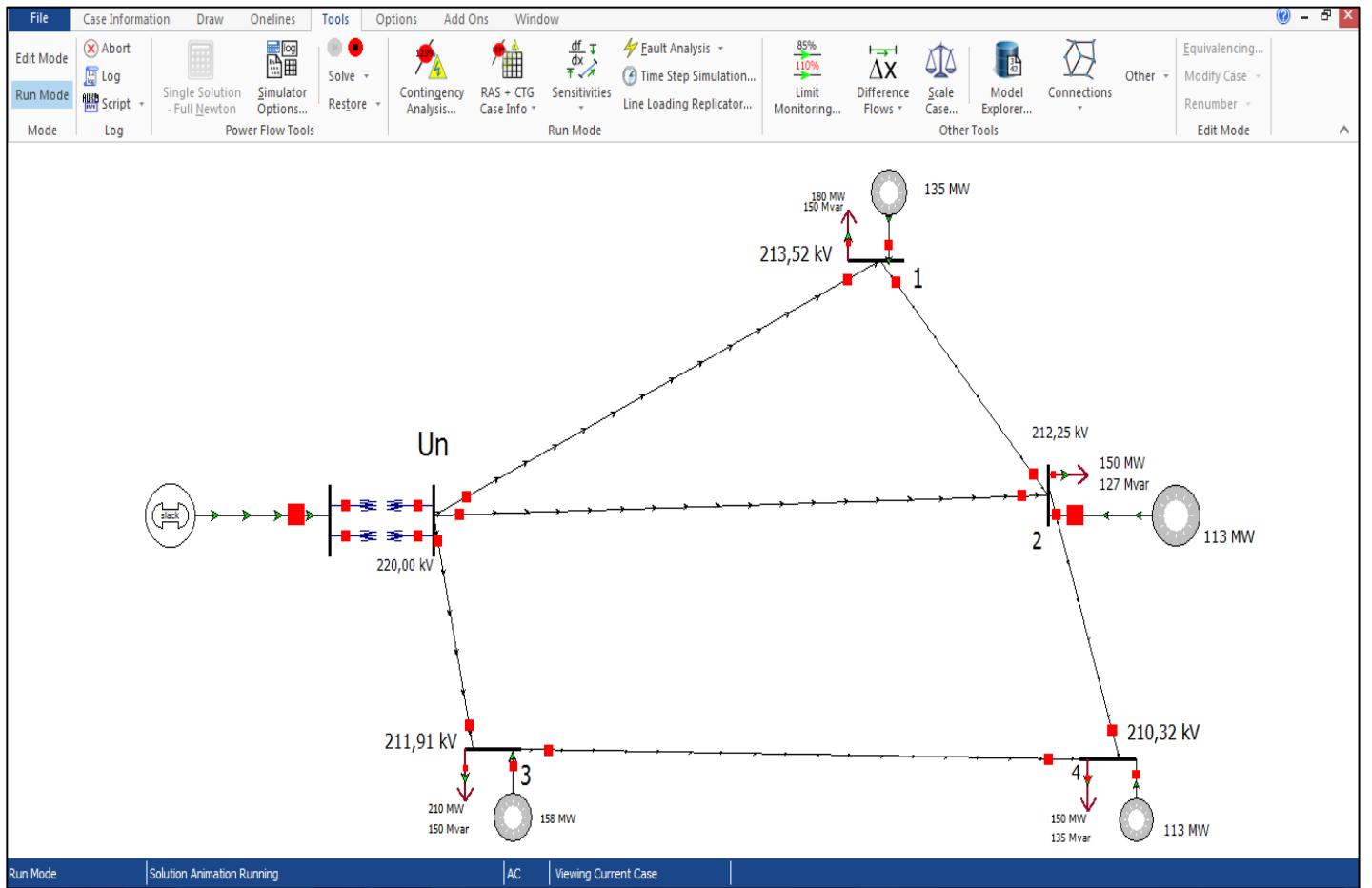
## **8/- Les dépenses réduites d'injection des énergies renouvelables :**

On fait une comparaison économique entre deux types d'énergies renouvelables pour choisir la plus optimal pour l'exploitation de notre réseau

Les D.R des énergies renouvelables [DA]		
	Energie solaire	Energie éolienne
<b>1</b>	631800	675000
<b>2</b>	528840	565000
<b>3</b>	739440	790000
<b>4</b>	528840	565000
<b>Générateur</b>	727320	727320
<b>total</b>	3156240	3322320

**Tableau 5.2 :** Les D.R

→ Vue que le prix d'un Mwh d'énergie solaire est moins cher au celle d'énergie éolienne , on peut conclure que l'injection d'énergie solaire est la plus optimal pour l'exploitation de notre réseau d'un point de vue économique .



**Fig 5.22:** Injection d'énergie solaire aux 4 nœuds sur le powerworld

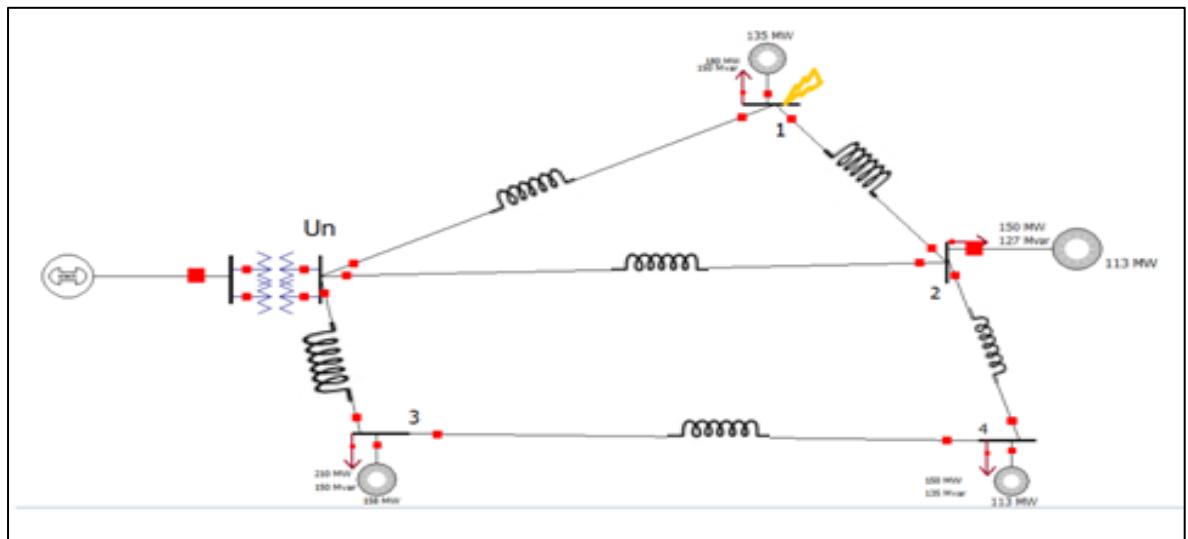
### **9/- Etude de court-circuit du régime futur :**

On va introduire les tous cas possibles de court-circuit triphasé dans les nœuds et à chaque fois on relève les résultats des courants triphasés donnés par le powerworld .

Fault Location	Fault Type	
<input checked="" type="radio"/> Bus Fault	<input type="radio"/> Single Line-to-Ground	<input checked="" type="radio"/> 3 Phase Balanced
<input type="radio"/> In-Line Fault	<input type="radio"/> Line-to-Line	<input type="radio"/> Double Line-to-Ground

**Fig 5.23:** Choix du type de court-circuit en powerworld

### **9/- 1- Court-circuit au niveau du nœud 1 :**



**Fig 5.24:** Réalisation du C-C au niveau du nœud 1

#### **9/- 1-2- Résultats de C-C au niveau du nœud 1 :**

Choose the Faulted Bus								
<input checked="" type="checkbox"/> Sort by <input type="radio"/> Name <input type="radio"/> Number								
1 (2) [220,0 kV] <b>2 (3) [220,0 kV]</b> 3 (4) [220,0 kV] 4 (5) [220,0 kV] Un (1) [220,0 kV]								
<input type="checkbox"/>	DPT.	+0. .00	+0. .00	<input type="checkbox"/> ABC'D	Records	Geo	Set	Columns
					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
					SORT	REORD	f(x)	Options
	From Name	To Name	Phase Cur A From	Phase Cur B From	Phase Cur C From	Phase Cur A To	Phase Cur B To	Phase Cur C To
1	Un	1	959,51	959,51	959,51	961,47	961,47	961,47
2	Un	2	123,43	123,43	123,43	123,05	123,05	123,05
3	Un	3	356,44	356,44	356,44	351,17	351,17	351,17
4	1	2	1045,67	1045,67	1045,67	1044,50	1044,50	1044,50
5	2	4	536,65	536,65	536,65	534,35	534,35	534,35
6	3	4	139,55	139,55	139,55	142,05	142,05	142,05

**Fig 5.25:** Résultats de C-C au niveau du nœud 1 [A]

Number of Bus	Name of Bus	Phase Cur A	Phase Cur B	Phase Cur C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1 Un	668,11	668,11	668,11	-47,81	-167,81	72,19

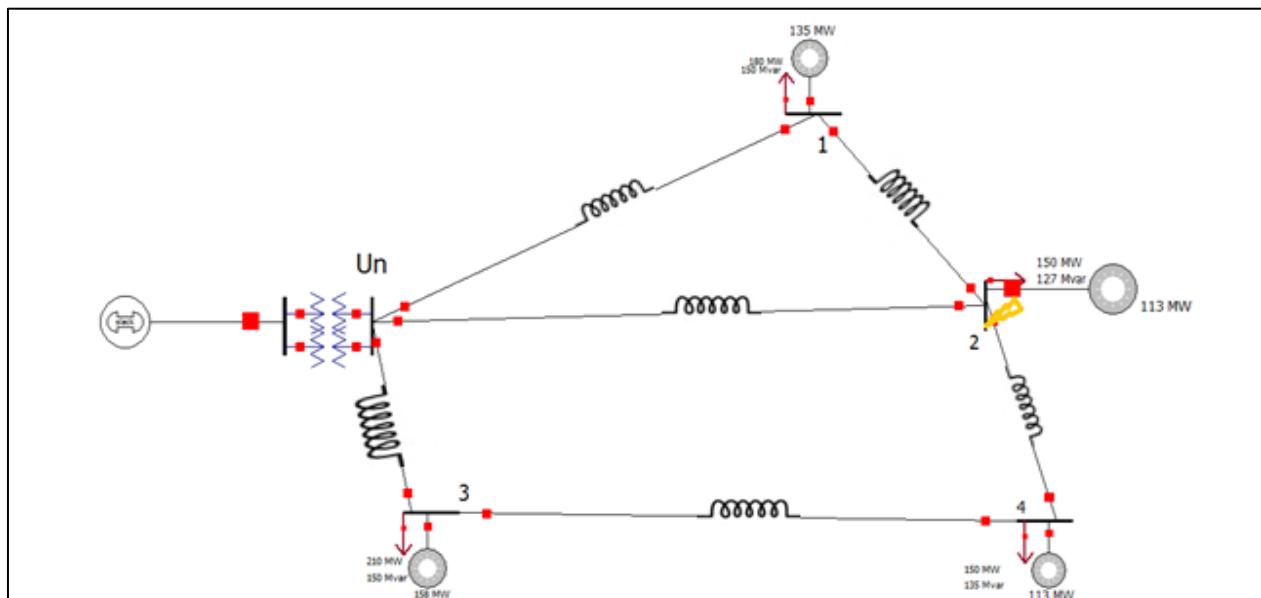
**Fig 5.26:**  $I_{\text{source}}$  de C-C au niveau du nœud 1 [A]

### 9/- 1-3- Les courants des lignes de C-C du nœud 1:

Lignes	Courant de C-C [KA]
<b>L<sub>1</sub></b>	0,96
<b>L<sub>2</sub></b>	1,05
<b>L<sub>3</sub></b>	0,12
<b>L<sub>4</sub></b>	0,36
<b>L<sub>5</sub></b>	1,14
<b>L<sub>6</sub></b>	0,54
<b>I<sub>source</sub></b>	0,67

**Tableau 5.3:** Les courants des lignes de C-C du nœud 1

### 9/- 2- Court-circuit au niveau du nœud 2 :



**Fig 5.27:** Réalisation du C-C au niveau du nœud 2

## 9/- 2- 2-Résultats de C-C au niveau du nœud 2 :

Choose the Faulted Bus							
<input checked="" type="checkbox"/> Sort by <input checked="" type="radio"/> Name <input type="radio"/> Number							
1 (2) [220,0 kV] <b>2 (3) [220,0 kV]</b> 3 (4) [220,0 kV] 4 (5) [220,0 kV] Un (1) [220,0 kV]							
<b>Bus Records</b>   Lines Generators Loads Switched Shunt Buses Y-Bus Matrices							
<input checked="" type="checkbox"/> DPT. <input type="checkbox"/> +,-,0 .,00 <input type="checkbox"/> +,0 .,00 <input type="checkbox"/> ABCD	Records	Geo	Set	Columns	AUX1	AUX2	SORT ABCD f(x)
From Name	To Name	Phase Cur A From	Phase Cur B From	Phase Cur C From	Phase Cur A To	Phase Cur B To	Phase Cur C To
1 Un	1	200,50	200,50	200,50	202,09	202,09	202,09
2 Un	2	623,20	623,20	623,20	625,12	625,12	625,12
3 Un	3	125,25	125,25	125,25	121,26	121,26	121,26
4 1	2	728,61	728,61	728,61	729,42	729,42	729,42
5 2	4	946,05	946,05	946,05	945,38	945,38	945,38
6 3	4	421,89	421,89	421,89	424,33	424,33	424,33

**Fig 5.28:** Résultats de C-C au niveau du nœud 2 [A]

Number of Bus	Name of Bus	Phase Cur A	Phase Cur B	Phase Cur C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	Un	674,02	674,02	674,02	-48,43	-168,43	71,57

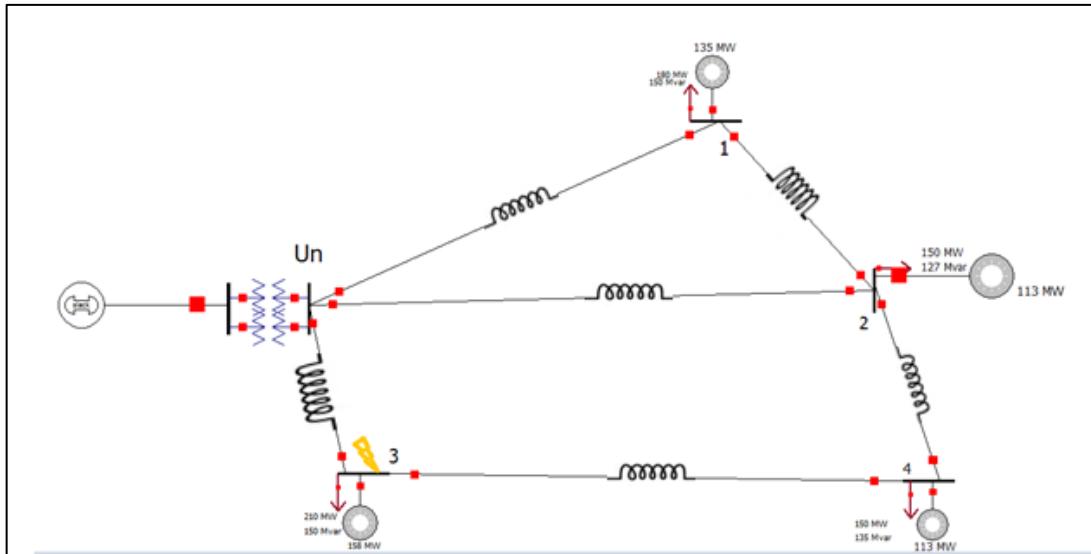
**Fig 5.29:**  $I_{source}$  de C-C au niveau du nœud 2 [A]

## 9/- 2- 3- Les courants des lignes de C-C du nœud 2:

Lignes	Courant de C-C [KA]
$L_1$	0,20
$L_2$	0,73
$L_3$	0,63
$L_4$	0,73
$L_5$	0,43
$L_6$	0,95
$I_{source}$	0,67

**Tableau 5.4:** Les courants des lignes de C-C du nœud 2

### 9/-3- Court-circuit au niveau du nœud 3 :



**Fig 5.30:** Réalisation du C-C au niveau du nœud 3

### 9/-3- 2- Résultats de C-C au niveau du nœud 3 :

Choose the Faulted Bus								
<input checked="" type="checkbox"/>	Sort by	<input checked="" type="radio"/> Name	<input type="radio"/> Number					
	1 (2) [220,0 kV]							
	2 (3) [220,0 kV]							
	3 (4) [220,0 kV]							
	4 (5) [220,0 kV]							
	Un (1) [220,0 kV]							

Bus Records								
	From Name	To Name	Phase Cur A From	Phase Cur B From	Phase Cur C From	Phase Cur A To	Phase Cur B To	Phase Cur C To
1	Un	1	278,51	278,51	278,51	273,32	273,32	273,32
2	Un	2	94,04	94,04	94,04	88,52	88,52	88,52
3	Un	3	992,59	992,59	992,59	994,97	994,97	994,97
4	1	2	182,87	182,87	182,87	186,25	186,25	186,25
5	2	4	527,89	527,89	527,89	530,21	530,21	530,21
6	3	4	1005,99	1005,99	1005,99	1004,54	1004,54	1004,54

**Fig 5.31:** Résultats de C-C au niveau du nœud 3 [A]

	Number of Bus	Name of Bus	Phase Cur A	Phase Cur B	Phase Cur C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1	Un	660,80	660,80	660,80	-47,79	-167,79	72,21

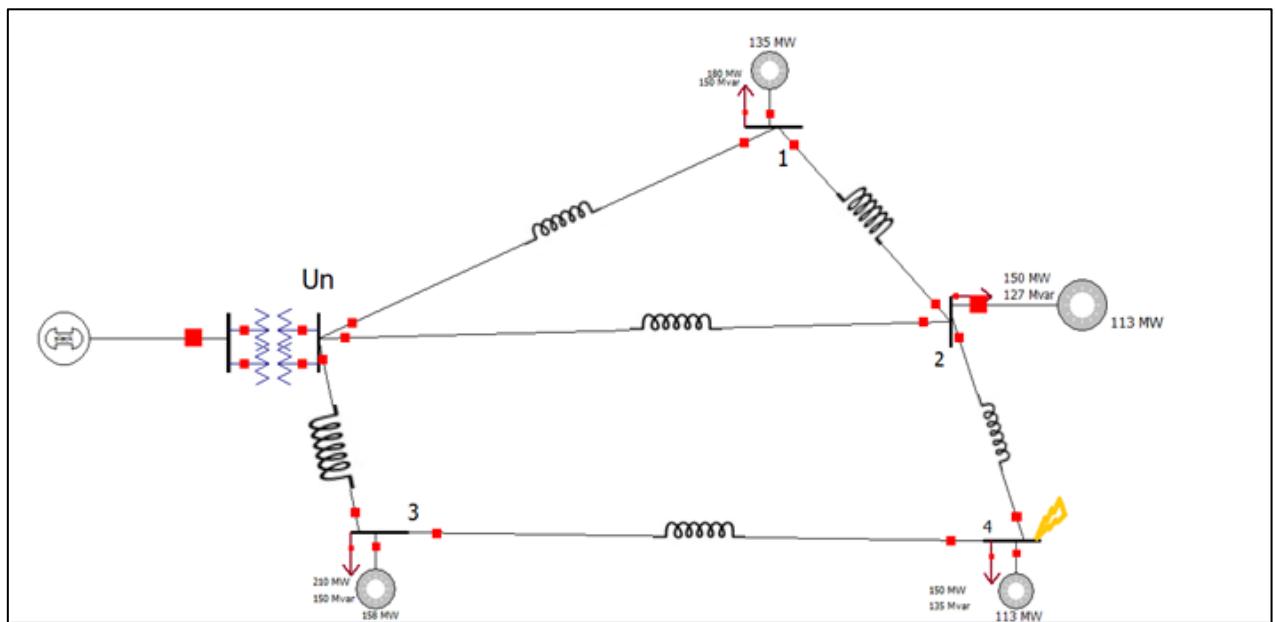
**Fig 5.32:**  $I_{\text{source}}$  de C-C au niveau du nœud 3 [A]

### 9/-3- 3- Les courants des lignes de C-C du nœud 3:

Lignes	Courant de C-C [KA]
<b>L<sub>1</sub></b>	0,27
<b>L<sub>2</sub></b>	0,18
<b>L<sub>3</sub></b>	0,09
<b>L<sub>4</sub></b>	1
<b>L<sub>5</sub></b>	1,01
<b>L<sub>6</sub></b>	0,53
<b>I<sub>source</sub></b>	0,66

**Tableau 5.6:** Les courants des lignes de C-C du nœud 3

### 9/-4- Court-circuit au niveau du nœud 4 :



**Fig 5.33:** Réalisation du C-C au niveau du nœud 4

## 9/-4- 2- Résultats de C-C au niveau du nœud 4 :

Choose the Faulted Bus								
<input type="checkbox"/> Sort by <input checked="" type="radio"/> Name <input type="radio"/> Number								
1 (2) [220,0 kV] 2 (3) [220,0 kV] 3 (4) [220,0 kV] <b>4 (5) [220,0 kV]</b> Un (1) [220,0 kV]								
Bus Records	Lines	Generators	Loads	Switched Shunt Buses	Y-Bus Matrices			
Records	Geo	Set	Columns					
From Name	To Name	Phase Cur A From	Phase Cur B From	Phase Cur C From	Phase Cur A To	Phase Cur B To	Phase Cur C To	
1 Un	1	106,22	106,22	106,22	104,12	104,12	104,12	
2 Un	2	310,41	310,41	310,41	314,92	314,92	314,92	
3 Un	3	343,74	343,74	343,74	347,95	347,95	347,95	
4 1	2	467,03	467,03	467,03	469,69	469,69	469,69	
5 2	4	1263,97	1263,97	1263,98	1264,86	1264,86	1264,86	
6 3	4	913,90	913,90	913,90	915,21	915,21	915,21	

**Fig 5.34:** Résultats de C-C au niveau du nœud 4 [A]

Number of Bus	Name of Bus	Phase Cur A	Phase Cur B	Phase Cur C	Phase Ang A	Phase Ang B	Phase Ang C
1	1 Un	656,71	656,71	656,71	-47,63	-167,63	72,37

**Fig 5.35:**  $I_{source}$  de C-C au niveau du nœud 4 [A]

## 9/-4- 3- Les courants des lignes de C-C du nœud 4:

Lignes	Courant de C-C [KA]
<b>L<sub>1</sub></b>	0,11
<b>L<sub>2</sub></b>	0,47
<b>L<sub>3</sub></b>	0,31
<b>L<sub>4</sub></b>	0,35
<b>L<sub>5</sub></b>	0,91
<b>L<sub>6</sub></b>	1,26
<b>I<sub>source</sub></b>	0,66

**Tableau 5.7:** Les courants des lignes de C-C du nœud 3

**9/-5- Résumés des résultats des courants des lignes de C-C des nœuds [KA]:**

Nœuds \ Lignes	1	2	3	4
<b>L1</b>	0,96	0,20	0,27	0,11
<b>L2</b>	1,05	0,73	0,18	0,47
<b>L3</b>	0,12	0,63	0,09	0,31
<b>L4</b>	0,36	0,13	1	0,35
<b>L5</b>	1,14	0,43	1,01	0,91
<b>L6</b>	0,54	0,95	0,53	1,26
<b>I<sub>source</sub></b>	0,67	0,67	0,66	0,66

**Tableau 5.8:** Résumés des I<sub>cc</sub> des lignes des 4 nœuds

**9/-6- Les valeurs des courants minimaux et maximaux des lignes de C-C des nœuds [KA]:**

Les lignes	I <sub>minimal</sub> [KA]	I <sub>maximal</sub> [KA]
<b>L1</b>	0,11	0,96
<b>L2</b>	0,18	1,05
<b>L3</b>	0,09	0,63
<b>L4</b>	0,35	1
<b>L5</b>	0,43	1,14
<b>L6</b>	0,53	1,26
<b>I<sub>source</sub></b>	0,66	0,67

**Tableau 5.9:** les valeurs I<sub>max</sub> et I<sub>min</sub> des C-C des lignes

# **Conclusion générale**

## **Conclusion générale :**

Ce mémoire a porté sur l'étude d'un réseau électrique haute tension de 220 kV, en suivant une démarche structurée allant de la compréhension générale des réseaux électriques jusqu'à la simulation détaillée à l'aide du logiciel PowerWorld. L'objectif principal était de dimensionner les lignes du réseau étudié, d'évaluer son comportement en régime normal et en situation de défaut, et de prévoir les évolutions du réseau afin d'en assurer l'adaptation future.

**Dans le premier chapitre**, on a présenté les notions fondamentales nécessaires à la compréhension des réseaux électriques, en détaillant leur structure, leur fonctionnement et les éléments qui les composent avec une présentation courte sur les énergies renouvelables .

**Le deuxième chapitre** a été consacré à l'étude du réseau en régime normal. Ensuite, différents cas d'étude ont été simulées de mettre afin d'analyser les chutes de tension, les courants circulant dans les lignes, ainsi que les puissances transitant, dans le but de dimensionner correctement les conducteurs.

**Dans le troisième chapitre**, on présente la simulation du réseau électrique 220 kV avec le logiciel PowerWorld. Après avoir décrit le réseau et calculé les puissances capacitives des lignes, on utilise deux méthodes pour calculer les tensions : PowerWorld et un code Matlab basé sur la méthode de Gauss-Seidel. On étudie ensuite le régime de court-circuit du réseau actuel Pour chaque nœud, les courants de court-circuit ont été calculés et analysés afin de mieux comprendre leur impact sur le réseau et les lignes électriques. Cette étude a permis d'identifier les valeurs minimales et maximales des courants de défaut, informations essentielles pour le dimensionnement et la protection des équipements.

**Dans le quatrième chapitre**, on a étudié le régime après avarie afin d'analyser l'impact des coupures de lignes sur les tensions, les courants et les puissances transitant dans le réseau et on a étudié les différents cas de courts-circuits de ce régime en se concentrant sur les nœuds clés du système.

**Dans le 5ème chapitre**, on étudie le comportement futur du réseau électrique 220 kV face à l'augmentation des charges et à l'intégration des énergies renouvelables. On commence par modéliser le réseau en régime futur dans PowerWorld, puis on analyse les tensions et les écarts relatifs, en vérifiant s'ils restent dans les limites admissibles ( $\pm 10\%$ ). Ensuite, on intègre des sources d'énergie renouvelable, notamment l'énergie solaire, afin de renforcer l'alimentation électrique et de maintenir la stabilité du système. Différents cas d'injection d'énergie solaire aux nœuds du réseau sont étudiés, et leurs effets sur les tensions sont analysé et on effectue une estimation des dépenses liées à l'exploitation du réseau dans ce régime futur

Enfin, on a étudier les courts-circuits de ce régime pour savoir régler les seuils de protections

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] •Mémoire de fin d'étude « Etude d'un réseau de transport d'énergie à haute tension de 220kv avec l'optimisation de la puissance réactive » prépare par messaadia Meriem rédigé par professeur T.Mesbah , 2016 , UNIVERSITE Badji Mokhtar Annaba .
- [2] • Polycopié de cours UEF 311,destiné aux étudiants 3ème année licence électrotechnique, intitulé « Réseaux Électriques» rédigé par Dr. KOUADRIA Selman ,Maître de Conférences classe «B»,wilaya de Tiaret ,année universitaire 2023-2024.
- [3] • Cahier de cours de master1 planification des réseaux électriques rédigé par le professeur T.Mesbah , année universitaire 2023-2024.
- [4] • Technique de l'ingénieur
- [5] • Mémoire de fin d'étude DEUA
- [6] • Généralité sur les réseaux électriques . htm
- [7] • Powerworld simulator version 2019 .
- [8] • Guide de powerworld simulator
- [9] • Utilisation du logiciel matlab