

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



République algérienne démocratique et populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA

Faculté des sciences et de la technologie

Département de génie électrique

Filière : Electrotechnique

Option : Réseaux électriques

*Réf:*.....

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de

Master en réseaux électriques

## *Thème*

Étude de la fiabilité des centrales électrique  
Par la méthode des fréquences

Proposé et dirigé par :

Mr : ROUINA ABDELHAFID

Présenté par :

HELIMET RIADH

PROMOTION : Juin 2013

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République algérienne démocratique et populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Université Mohamed khider Biskra

Faculté des sciences et de la technologie

Département de génie électrique

Filière : Electrotechnique

Option : réseaux électrique

**Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de  
Master en réseaux électriques**

## *Thème*

**Étude de la fiabilité des centrales électrique  
Par la méthode des fréquences**

**Avis favorable du l'encadreur**

*Mr* : ROUINA ABDELHAFID

**Signature** .....

**Présenté par :**

HELIMET RIADH

**Avis favorable du Président du Jury**

**Président : Derghal Hamid**

**Examineur : Megherbi Ahmed chaouki**

**Signature** .....

**Cachet et signature**

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République algérienne démocratique et populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Université Mohamed khider Biskra

Faculté des sciences et de la technologie

Département de génie électrique

Filière : Electrotechnique

Option : réseaux électrique

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme

De Master en réseaux électriques

## *Thème*

Étude de la fiabilité des centrales électrique  
Par la méthode des fréquences

Proposé Par et dirige par : Mr : ROUINA ABDELHAFID

Présenté par : HELIMET RIADH

## Résumé

Comme l'énergie électrique est un élément important dans la vie et qu'il est nécessaire et ne peut pas se passer dans les différents domaines de la vie, afin que les ingénieurs sur la fiabilité du système électrique et utilisé pour la théorie des probabilités pièce afin de déterminer le taux de réussite ainsi que le taux d'échec de ces systèmes électriques, il existe plusieurs façons pour étudier la fiabilité des systèmes et entre ces méthodes de façon à «fréquence» qui a été étudié dans cette note et considéré comme l'un des moyens les plus importants (méthode des fréquences). Utilisé pour étudier et évaluer la production d'énergie électrique, ainsi que la connaissance des causes de l'échec dans les systèmes électriques.





# *Dédécace*

*Je dédie ce modeste travail :*

*Aux deux êtres qui me sont les plus chères au monde, qui sont ma raison d'être et de vivre; ma mère et mon père.*

*A mes très chers frères :*

*A mes très chères sœurs : Omar, hamlaoui, Ayoub, Adel, Aiache, Salma, dalila.*

*A mes oncles et tantes et mes cousins et cousines.*

*A toutes mes amies et copines : Fateh, Khalef, Ilyass, Mohamed.*

*A tout ma famille*

*A tous mes collègues de l'Université de Biskra*

*Tous Sociétaires de département Génie Electrique.*

*Riadh helimet*

---





## Remerciements

*Avant tout, doit nous remercier dieu de tout puissant qui nous donner la force pour achever cette travail.*

*La grande merci à notre encadreur Monsieur. **Rouina AbdElhfid** enseignant à l'université de Biskra département de Génie Electrique, pour son suivi sérieux, ses encouragements et ces conseils fructueux, sa disponibilité et sur tout*

*de nous avant toujours accordé son estimé et sa confiance.*

*Nous tenons exprimer mes profondes gratitudees à Monsieur **Darghal Hamid** pour l'honneur qu'il nous fait en acceptant de présider le jury de cette mémoire. Ainsi que Monsieur **Megherbi Ahmed chaouki** qui à bien accepter de juger ce travail et l'enrichir par ces remarques et ces critiques objectives.*

*Merci à tous les enseignants du département de Génie Electrique.*

*Enfin, nous espérons que ce travail soit la bonne expression de nous gratitude.*

**Merci à tous.**

HELIMET RIADH 2013



## Résumé

Comme l'énergie électrique est un élément important dans la vie et qu'il est nécessaire et ne peut pas se passer dans les différents domaines de la vie, afin que les ingénieurs sur la fiabilité du système électrique et est utilisé pour la théorie des probabilités pièce afin de déterminer le taux de réussite ainsi que le taux d'échec de ces systèmes électriques, il existe plusieurs façons a d'étudier la fiabilité des systèmes et entre ces méthodes de façon à «routes basale, "qui a été étudié dans cette note et est considéré comme l'un des moyens les plus importants (méthode des fréquentielle). Utilisé pour étudier et évaluer la production d'énergie électrique, ainsi que la connaissance des causes de l'échec dans les systèmes électriques.

### Mots-clés

La fiabilité, système de puissance et des durées.

La théorie des probabilités.

Méthode des durées et des fréquences

## ملخص

باعتبار الطاقة الكهربائية جزء هام في الحياة وضروري ولا يمكن الاستغناء عنها في شتى مجالات الحياة لذا يعمل المهندسون على وثوقية المنظومة الكهربائية ويستعمل لذلك نظرية الاحتمالات لمعرفة نسبة نجاح وكذا نسبة فشل هذه المنظومات الكهربائية وتوجد عدة طرق

لدراسة وثوقية المنظومات ومن بين هذه الطرق المتبعة طريقة "الترددات" التي تمت دراستها في هذه المذكرة وتعتبر من أهم الطرق المستخدمة لدراسة وتقييم إنتاج الطاقة الكهربائية وكذا معرفة مسببات العطل في المنظومات الكهربائية.

### الكلمات المفتاحية

وثوقية المنظومة الكهربائية

نظرية الاحتمالات

نظرية الترددات

---

# Sommaire

INTRODUCTION GENERALE	1
<b>GHAPITRE 1 : GENERALITE SUR LES RESEAUX ELECTRIQUE</b>	page
1.1-Introduction	3
1.2 -les réseaux électriques	3
1.2.1-Grandeurs électriques	4
1.2.2-Disposition spatiale	4
1.2.3-Données temporelles	4
1.3-Structure topologique des réseaux	5
1.31-Réseaux maillés	5
1.3.2-Réseaux bouclés	6
1.3.3 Réseaux radiaux	7
1.4-fonction des réseaux électriques	7
1.4.1-Les réseaux d'utilisations	7
1.4.2- Les réseaux industriels	7
1.4.3-Réseaux de distribution	8
1.4.4 -Réseaux de répartition	8
1.4.5-Réseaux de transport et d'interconnexion	8
1.5-Classification des réseaux électriques	8
1.6-La production de l'énergie électrique	9
1.6.1. Le principe de production	9
1.6.2- Appel de puissance d'un réseau	9
1.7-les classes de tentions	10
1.8-Tensions normalisées	11
1.9-Types de postes électriques	12
1.10- Les étapes de la fourniture de l'électricité	12
1.10.1-La production	13
1.10.2-La grille de transmission	13
1.10.3-Le transport	13
1.10.4-L'opérateur du système	14
1.10.5-La distribution	14
1.10.6-Fournisseurs en gros	14
1.10.7-La consommation	14
1.11-Remarque	16
1.12- Conclusion	16
	page
<b>CHAPITRE 2 : THEORIE METHODE DES DUREES ET DES FREQUENCES</b>	
2.1-Introduction	17
2.2-Généralité	17
2.3.1-L'adéquation des systèmes	18
2.3.2-Sécurité des systèmes	19
2.4-Technique d'évaluation de la fiabilité des capacités	19
2.5-Le modèle de système de production	20

2.5.1-L' indisponibilité des unités de Production (génératrice)	20
2.5.2-Chaine de MARKOV (deux d'états)	21
2.6-L' indices de perte de la charge (Loos of load indices)	21
2.6.1- Évaluation des indices d'énergie	21
2.6.2- Concepts et techniques d'évaluation	23
2.7-Probabilité d'interruption de la Capacité de production	25
2.8. -Diagramme d'espace d'état pour trois unités	28
2.8.1-Fondamentaux de développement	28
2.8.2-Exemple numérique	31
2.8.2.1-Etude de base (D'espace unité trois États)	31
2.8.2.2-la probabilité à d'état la charge max 180mw	32
2.8.2.3-LOLE à d'état la charge max 180MW	32
2.8.2.4-la fréquence à d'état la charge max 180mw	34
2.9-Conclusion	35
	page
<b>CHAPITRE 3 : APPLICATION DE LA FIABILITE</b>	
3.1-Introduction	36
3.2-Système de test	36
3.3-Etude de la fiabilité du système teste	37
3.4. Application des theories sur de différents cas de figure	40
3.4.1. Calcule de la probabilité	40
3.4.1.1. Premier cas de figure : Central a deux (02) Générateurs	41
3.4.1.1.1- Probabilité à d'état la charge max 180mw	42
3.4.1.1.2- Probabilité à d'état la charge max 160mw	42
3.4.1.1.3- Probabilité à d'état la charge max 140mw	43
3.4.1.1.4- Probabilité à d'état la charge max 120mw	43
3.4.1.2-Deuxième cas de figure : Central à trois (03) Générateurs	44
3.4.1.2.1-La probabilité à d'état la charge max 180mw	44
3.4.1.2.2-La probabilité à d'état la charge max 160mw	45
3.4.1.2.3-La probabilité à d'état la charge max 140mw	45
3.4.1.2.4-La probabilité à d'état la charge max 120mw	46
3.4.1.3. Troisième cas de figure : Central à quatre (04) Générateurs	46
3.4.1.3.1-La probabilité à d'état la charge max 180mw	47
3.4.1.3.2-La probabilité à d'état la charge max 160mw	48
3.4.1.3.3-La probabilité à d'état la charge max 140mw	49
3.4.1.3.4-La probabilité à d'état la charge max 120mw	50
3.4.1.4-Quatrième cas de figure : Central à cinq (05) Générateurs	51
3.4.1.4.1- La probabilité à d'état la charge max 180MW	52
3.4.1.4.2- La probabilité à d'état la charge max 160mw	53
3.4.1.4.3- La probabilité à d'état la charge max 140mw	54

---

3.4.1.4.4- La probabilité à d'état la charge max 120mw	55
3.4.1.5-Discussion des resultants	56
3.4.2- Effet de la variation de la charge sur le calcule de LOLE	56
3.4.2.1- Central a deux (02) Générateurs	57
3.4.2.1.1-LOLE à d'état la charge max 180mw et la charge min 72mw	57
3.4.2.1.2-LOLE à d'état la charge max 160mw et la charge min 64mw	58
3.4.2.1.3-LOLE à d'état la charge max 140mw et la charge min 56mw	59
3.4.2.1.4-LOLE à d'état la charge max 120mw et la charge min 48mw	60
3.4.2.2- Central a trois (03) Générateurs	61
3.4.2.2.1- LOLE à d'état la charge max 180mw	61
3.4.2.2.2- LOLE à d'état la charge max 160mw	62
3.4.2.2.3- LOLE à d'état la charge max 140mw	63
3.4.2.2.4- LOLE à d'état la charge max 120mw	64
3.4.2.3- Central à quatre (04) Générateurs	65
3.4.2.3.1-LOLE à d'état la charge max 180mw	65
3.4.2.3.2-LOLE à d'état de la charge max 160mw	66
3.4.2.3.3-LOLE à d'état de la charge max 140mw	67
3.4.2.3.4-LOLE à d'état la charge max 120mw	68
3.4.2.4- Central à cinq (05) Générateurs	69
3.4.2.4.1-LOLE à d'état la charge max 180mw	69
3.4.2.4.2-LOLE à d'état la charge max 160mw	70
3.4.2.4.3-LOLE à d'état la charge max 140mw	71
3.4.4.4-LOLE à d'état la charge max 120mw	72
3.4.2.5-Discussion des resultants	74
3.4.3-Effet de la variation du taux de panne forcé (U) sur LOLE	75
3.4.3.1-Première cas : $A=0.99$ et $U=0.01$	75
3.4.3.1.1-LOLE à d'état la charge max 180mw	75
3.4.3.1.2-LOLE à d'état la charge max 160mw	76
3.4.3.1.3-LOLE à d'état la charge max 140mw	76
3.4.3.1.4-LOLE à d'état la charge max 120mw	76
3.4.3.2-Deuxième cas : $A=0.97$ et $U=0.03$	77
3.4.3.2.1-LOLE à d'état la charge max 180mw	77
3.4.3.2.2-LOLE à d'état la charge max 160mw	77
3.4.3.2.3-LOLE à d'état la charge max 140mw	78
3.4.3.2.4-LOLE à d'état la charge max 120mw	78
3.4.3.3-Troisième cas : $A=0.96$ et $U=0.04$	79
3.4.3.3.1-LOLE à d'état la charge max 180mw	79
3.4.3.3.2-LOLE à d'état la charge max 160mw	79
3.4.3.3.3-LOLE à d'état la charge max 140mw	80

3.4.3.3.4-LOLE à d'état la charge max 120mw	80
3.4.3.4-Quatrième cas : $A=0.98$ et $U=0.02$	81
3.4.3.4.1-LOLE à d'état la charge max 180mw	81
3.4.3.4.2-LOLE à d'état la charge max 160mw	81
3.4.3.4.3-LOLE à d'état la charge max 140mw	82
3.4.3.4.4-LOLE à d'état la charge max 120mw	82
3.4.4. Evaluation de la fiabilité du système de production	83
3.5-Conclusion	86
3.6-Conclusion générale	87

## Liste des figures

<b>CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LES RESEAUX ELECTRIQUES</b>	page
Figure 1.1 : structure topologique des réseaux électrique	5
Figure 1.2 : schéma d'un réseau maillé	5
Figure 1.3 : structure bouclée	6
Figure 1.4 : structure radiale	7
Figure 1.5 : Fluctuation typiques de l'appel de puissance durant	9
Figure 1.6 : Représentation schématique du système	12
Figure 1.7 : Schéma général de la production, du transport et de la distribution	15
<b>CHAPITRE 2 : THEORIE METHODE DES DUREES ET DES FREQUENCES</b>	page
Figure 2.1 : représente deux aspects de base	18
Figure 2.2: conceptuelle prend en générant évaluation de la fiabilité des capacités	19
Figure 2.3 : le modèle du système électrique de production	20
Figure 2.4 : modèle à deux états d'une unité de charge de base	21
Figure 2.5 : réduction d'énergie en raison des capacités disponible	22
Figure 2.6 : relation entre la capacité de charge et de service	24
Figure 2.7 : diagramme d'espace d'états pour trois unités	29
Figure 2.8 : le modèle du système électrique de production composé de trois générateurs	31
Figure 2.9 : Courbe de variation du pic de la charge quotidien	32
Figure 2.10 : Diagramme d'espace unité trois États	34
<b>CHAPITRE 3 : APPLICATION DE LA FIABILITE</b>	page
Figure 3.1 : Le modèle de système	36
Figure 3.2 : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge max 180 mw)	38
Figure 3.3 : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge max 160 mw)	39
Figure 3.4 : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge max 140 mw)	39
Figure 3.5 : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxi 120 mw)	40
Figure 3.6 : Système composé de deux générateurs	41
Figure 3.7 : Système composé de trois générateurs	43
Figure 3.8 : Système composé de quatre générateurs	46
Figure 3.9: Système composé de cinq générateurs	51
Figure 3.10 : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge max 180 mw)	58
Figure 3.11 : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge max 160 mw)	59

Figure 3.12 : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge max 140 mw)	60
Figure 3.13 : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge max 120 mw)	61
Figure 3.14 : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge max 180 mw)	62
Figure 3.15 : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge max 160 mw)	63
Figure 3.16 : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge max 140 mw)	64
Figure 3.17 : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge max 120 mw)	65
Figure 3.18 : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge max 180 mw)	66
Figure 3.19 : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge max 160 mw)	67
Figure 3.20 : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge max 140 mw)	68
Figure 3.21 : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge max 120 mw)	69
Figure 3.22 : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge max 180 mw)	70
Figure 3.23 : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge max 160 mw)	71
Figure 3.24 : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge max 140 mw)	72
Figure 3.25 : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge max 180 mw)	73

## Liste des tableaux

CHABITRE 1 : GENERALITE SUR LES RESEAUX ELECTRIQUE	page
Tableau 1.1 : les classes de tension	10
Tableau 1.2 : tensions normalisées, lignes BT, HTA et HTB	11
CHAPITRE 2 : THEORIE METHODE DES DUREES ET DES FREQUENCES	page
Tableau 2.1 : probabilité d'un système compose à deux générateurs	26
Tableau 2.2 : générateur de 5MW on service	27
Tableau 2.3 : générateur de 5MW on panne	27
Tableau 2.4 : probabilité du système de trois unités	27
Tableau 2.5 : donnée technique	29
Tableau 2.6 : Effets et modes de défaillance (panne)	30
Tableau 2.7 : modèle de Génération	30
Tableau 2.8 : probabilité du système compose à trois générateurs	32
Tableau 2.9 : LOLE en utilisant la probabilité individuelle	32
Tableau 2.10 : fréquence pour le système de trois unités d'un modèle de génération	34
CHAPITRE 3 : APPLICATION DE LA FIABILITE	page
Tableau 3.1: différente configuration de la centrale électrique	37
Tableau 3.2: probabilité d'un système compose à deux générateurs pour la charge 180mw	41
Tableau 3.3: Probabilité individuel du système a deux générateurs pour la charge 160mw	42
Tableau 3.4: Probabilité individuel du système a deux générateurs pour la charge 140mw	42
Tableau 3.5: probabilité individuel du système à deux générateurs pour la charge 120mw	43
Tableau 3.6: probabilité individuel du système a trois générateurs pour la charge 180mw	44
Tableau.3.7: probabilité individuel du système a trois générateurs pour la charge 160mw	44
Tableau.3.8: probabilité individuel du système a trois générateurs pour la charge 140mw	45
Tableau.3.9: probabilité individuel du système a trois générateurs pour la charge 120mw	45
Tableau.3.10: probabilité individuel du système a quatre générateurs pour la charge 180mw	47
Tableau.3.11: probabilité individuel du système a quatre générateurs pour la charge 160mw	48
Tableau.3.12: probabilité individuel du système a quatre générateurs pour la charge 140mw	49
Tableau.3.13: Probabilité individuel du système a quatre générateurs pour la charge 120mw	50
Tableau.3.14: probabilité individuel du système a cinq générateurs pour la charge max 180mw	52
Tableau.3.15: probabilité individuel du système a cinq générateurs pour la charge max 160mw	53

Tableau.3.16: probabilité individuel du système a cinq générateurs pour la charge max 140mw	54
Tableau.3.17: probabilité individuel du système a cinq générateurs pour la charge max 120mw	55
Tableau 3.18 : Variation de la charge pour le calcul de LOLE	57
Tableau 3.19: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge180MW d'un système compose à deus générateurs	57
Tableau 3.20: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge160MW d'un système compose à deus générateurs	58
Tableau 3.21: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge140MW d'un système compose à deus générateurs	59
Tableau 3.22: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge120MW d'un système compose à deus générateurs	60
Tableau 3.23: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge180MW d'un système compose à trois générateurs	61
Tableau 3.24: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge160MW d'un système compose à trois générateurs	62
Tableau 3.25: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge140MW d'un système compose à trois générateurs	63
Tableau 3.26: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge120MW d'un Système compose à trois générateurs	64
Tableau 3.27: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge180MW d'un système compose à quatre générateurs	65
Tableau 3.28: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge160MW d'un système compose à quatre générateurs	66
Tableau 3.29: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge140MW d'un système compose à quatre générateurs	67
Tableau 3.30: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge120MW d'un système compose à quatre générateurs	68
Tableau 3.31: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge180MW	69
Tableau 3.32: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge160MW d'un système compose à cinq générateurs	70
Tableau 3.33: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge140MW d'un système compose à cinq générateurs	71
Tableau 3.34: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge120MW d'un système compose à cinq générateurs	72
Tableau 3.35: Sensibilité de LOLE en fonction du nombre de générateur de la centrale électrique	74

Tableau 3.36 : Variation du taux de panne forcé avec la charge	75
Tableau 3.37: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge180MW d'un système compose à trois générateurs	75
Tableau 3.38: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge160MW d'un système compose à trois générateurs	76
Tableau 3.39: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge140MW d'un système compose à trois générateurs	76
Tableau 3.40: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge120MW d'un système compose à trois générateurs	76
Tableau 3.41: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge180MW d'un système compose à trois générateurs	77
Tableau 3.42: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge160MW d'un système compose à trois générateurs	77
Tableau 3.43: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge140MW d'un système compose à trois générateurs	78
Tableau 3.44: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge120MW d'un système compose à trois générateurs	78
Tableau 3.45: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge180MW d'un système compose à trois générateurs	79
Tableau 3.46: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge160MW d'un système compose à trois générateurs	79
Tableau 3.47: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge140MW d'un système compose à trois générateurs	80
Tableau 3.48: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge120MW d'un système compose à trois générateurs	80
Tableau 3.49: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge180MW d'un système compose à trois générateurs	81
Tableau 3.50: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge160MW d'un système compose à trois générateurs	81
Tableau 3.51: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge140MW d'un système compose à trois générateurs	82
Tableau 3.52: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge120MW d'un système compose à trois générateurs	82
Tableau 3.53 : Effet du taux de panna forcé et de la charge	83
Tableau 3.54 : La Probabilité et La fréquence du système de production composé de trois générateur (50, 50, 100) MW	85



## Liste des symboles :

---

G : générateur de production d'énergie électrique.

C/on panne : capacité de production on panne (MW).

C/on service : capacité de production on service (MW)

$\lambda$  : Taux de panne (p/jour).

$\mu$  : Taux de réparation(r/jour).

A : probabilité favorable.

U : probabilité défavorable.

$P_{LJ}$  : probabilité de panne.

$P_{in}$  : probabilité individuelle.

$P_P$  : probabilité de panne.

F : la fréquence.

$F$  de panne : la fréquence de panne.

$Q_K$  : Amplitude de la panne des capacités de production.

$P_K$  : Probabilité d'une panne de capacité.

$E_K$  : Énergie réduite par une panne.

$r$  = le temps moyen à repaire = MTTR =  $1/\mu$  .

$f$  = fréquence de cycle =  $1/T$  .

$T$  = temps de cycle =  $1/f$  .

LOLE : L'approche standard de LOLE utilise la courbe de variation du pic.

# ***INTRODUCTION GENERALE***

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

---

La fonction de base d'un système d'énergie électrique est de répondre aux exigences de l'électricité des clients, avec une qualité et une fiabilité raisonnable, et d'une façon économique. Les sociétés électriques ont pour la plupart, atteint cet objectif. Ceci a été accompli en utilisant des critères de fiabilité dès la production, la transmission, la distribution et la planification basée sur l'application des techniques probabilistique et qui ont évolué sur beaucoup d'années d'expérience de fonctionnement. Il y a, cependant, une identification naissante dans l'industrie que la pratique traditionnelle peut fournir à tous les utilisateurs un uniforme d'un à niveau élevé de fiabilité du service mérité un réexamen. La perte du service électrique à des impacts significatifs sur La vie économique et sociale.

Le système d'alimentation est vulnérable aux anomalies de système telles que des échecs de commande, des échecs de système de protection ou de communication, et des perturbations, telles que la foudre, et les erreurs opérationnelles humaines. Par conséquent, le maintien d'une alimentation d'énergie fiable est une question très importante pour les systèmes électriques.

Le but de base de chaque production d'énergie électrique est de répondre à l'exigence de demande d'énergie au plus bas possible du coût tout en maintenant les niveaux acceptables de la qualité et la continuité de l'approvisionnement.

La capacité d'un réseau d'énergie électrique de fournir un approvisionnement raisonnable en énergie électrique est habituellement indiquée par le terme de la (fiabilité des systèmes électrique).

La fiabilité peut être définie, d'une façon générale, comme, probabilité d'un dispositif exécutant une fonction prévue au cours de la période prévue dans les conditions de fonctionnement.

Le concept de la fiabilité de puissance-système est extrêmement large et couvre tous les aspects de la capacité du système de répondre aux exigences des clients. L'évaluation de la fiabilité de système électrique, déterministe, et probabiliste, peut être divisée en deux aspects de base : l'adéquation et la sécurité l'adéquation (L'équilibre) est liée à l'existence des équipements et de puissance électrique dans le système pour satisfaire la demande des charges de consommateur. L'adéquation des systèmes inclut les équipements nécessaires pour la production de l'énergie suffisante et des équipements

associés de transmission et de distribution exigés pour transporter l'énergie aux points de charge du consommateur.

La sécurité est liée à la capacité du système de répondre aux perturbations surgissant dans ce système. La sécurité est donc associée à la réponse du système aux perturbations. La plupart des techniques probabilistique actuellement disponibles pour l'évaluation de la fiabilité de système-puissance sont dans le domaine adéquation.

Dans le premier chapitre on abordé une généralité sur le réseau électrique et leur fonction et la production de l'énergie électrique.

Le deuxième chapitre on a expliqué la théorie de probabilité et méthode des durées et des fréquences on détaille. Le troisième chapitre on fait étude de l'application de la théorie de probabilité et méthode des durées et des fréquences sur un système de production.

# *CHAPITRE 1*

## **Généralités sur les réseaux électriques**

## 1.1- Introduction :

Un réseau électrique est constitué par l'ensemble des appareils destinés à la production, au transport, à la distribution et à l'utilisation de l'électricité depuis la centrale de génération jusqu'aux maisons de campagne les plus éloignées.

L'électricité est la forme d'énergie la plus facile à utiliser, mais exige des techniques et des investissements très importants pour la faire aboutir jusqu'à l'utilisateur. Cela exige l'installation de divers réseaux qui doivent assurer la canalisation de cette énergie depuis la centrale jusqu'au plus simple utilisateur. Les postes constituent les nœuds du réseau; les lignes en forment les branches ; ces branches constituent soit des artères est des antennes (ou dérivation) ; soit des mailles (ou boucles).

L'électricité est la forme la plus noble de l'énergie, car elle peut:

- ✚ Se transformer facilement avec un excellent rendement en n'importe quelle forme d'énergie.
- ✚ Être obtenue de n'importe quelle autre forme d'énergie quoique le rendement de production ne soit pas toujours excellent.
- ✚ Être transformée et transportée à n'importe quelle distance par les lignes de transport.

Malheureusement elle présente l'inconvénient d'être la plus périssable de toutes les dérivées; elle doit être utilisée aussi au moment où on la produit puisqu'il est impossible de la stocker en grande quantité, donc l'énergie électrique doit être immédiatement transportée de l'usine productrice vers les centres de consommation et c'est là qu'intervient le rôle important des réseaux électriques.

## 1.2- les réseaux électriques:

L'énergie électrique est produite en même temps qu'elle est consommée, donc, en permanence, La production doit s'adapter à la consommation. De ce fait, l'ensemble production, acheminement, utilisation constitue un système complexe appelé réseau électrique qui doit être stable. Un réseau électrique peut être de petite puissance ou très puissant (à l'échelle d'un pays). [1]

Dans tous les cas, ses caractéristique s'expriment en termes de :

- Grandeurs électrique.
- Disposition spatiale.
- Données temporelles.

### 1.2.1- Grandeurs électriques :

La fréquence : 50Hz selon les pays.

- La tension de quelques centaines de volts à quelques centaines de KV, selon qu'il s'agit de telle ou telle partie du réseau.
- La puissance active est produite par les alternateurs à partir d'énergie thermique ou mécanique, et consommée également sous forme thermique ou mécanique par les récepteurs.
- La puissance réactive est produite ou consommée dans tous les éléments du réseau.

### 1.2.2-Disposition spatiale:

La structure topologique est à échelle :

- Des continents.
- Des pays, des régions.
- Des sites industriels (centaines de mètres à dizaines de kilomètres).
- Des bâtiments du tertiaire.

Dans les deux premiers cas il y a trois niveaux dans l'acheminement d'énergie :

- Le transport.
- La répartition.
- La distribution. [1]

### 1.2.3 Données temporelles:

Les variations de l'équilibre entre l'offre et la demande énergétique entraînent des perturbations des grandeurs électriques que sont la fréquence et la tension que l'on doit maintenir dans des fourchettes acceptables. [1]

### 1.3- Structure topologique des réseaux :

Les réseaux doivent assurer le transit de l'énergie électrique avec une qualité acceptable. Alors il y a donc un compromis à réaliser entre le coût des investissements, supplémentaires et la valeur de ce qu'ils permettent de sauver ce qui conduit à des topologies des réseaux différents.[2]

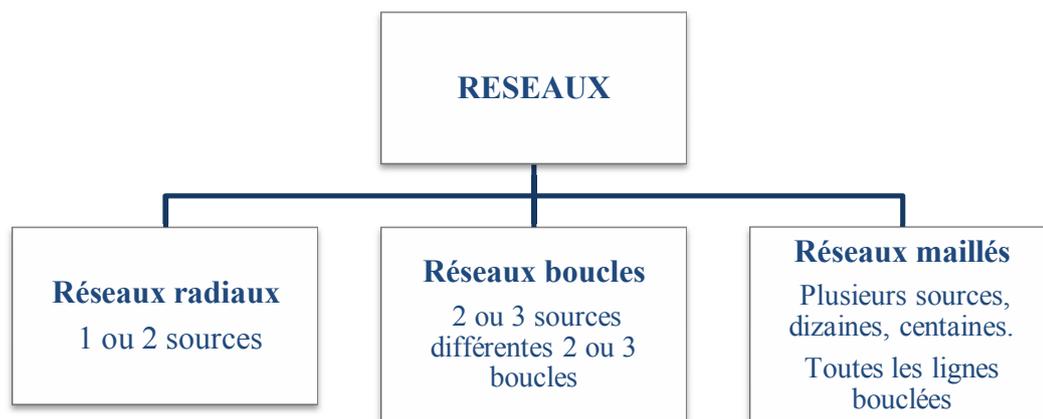


Figure 1.1 : structure topologique des réseaux électrique [2]

#### 1.3.1- Réseaux maillés :

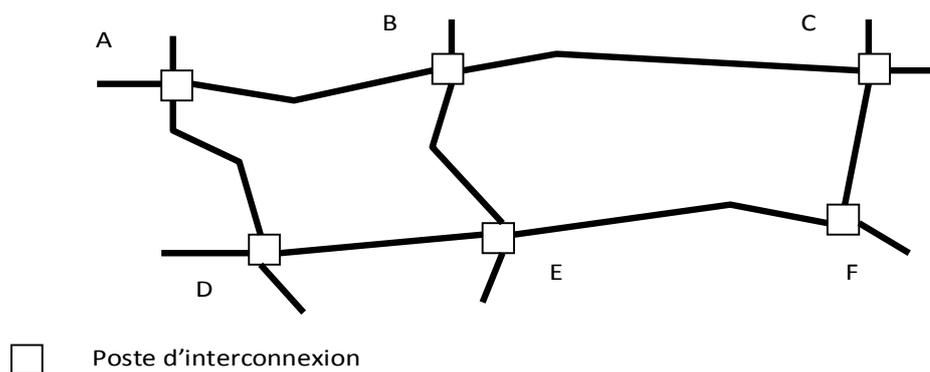


Figure 1.2 : schéma d'un réseau maillé [2]

Ce sont des réseaux où toutes les lignes sont bouclées formant ainsi une structure analogue aux mailles d'un filet, de plus, le nombre de sources débitant en parallèle peut atteindre plusieurs dizaines.

Cette structure nécessite que tous les traçons de ligne soient capable de supporter des surcharges permanentes et qu'il soit munis à leurs deux extrémités d'appareils de coupure les isolants en d'avarie. Ils sont constitués principalement de lignes multiples et bouclées qui relient des groupes assez bien répartis à des lieux de forte consommation proche et également répartis.

En conséquence, les impédances des lignes se divisent (équivalent parallèle).

Les chutes de tension ont tendance à rester faibles et les groupes peuvent se charger eux-mêmes de la plupart de la fourniture de réactif.

### 1.3.2 -Réseaux bouclés :

Les réseaux bouclés sont alimentés à la fois par plusieurs sources ; les postes sont raccordés en coupure d'artère cette disposition permet lors d'une coupure, une continuité de service. L'existence de plusieurs sources en parallèle augmente la sécurité d'alimentation en cas d'avarie de l'une d'elles (transformateurs) ou en cas d'avarie sur une boucle. Dans ce dernier cas, le tronçon avarié est isolé en deux fractions du réseau. On voit que ce réseau est un peu plus compliqué que le précédent, de plus le contrôle et la protection du réseau nécessitent des dispositifs plus complexes.

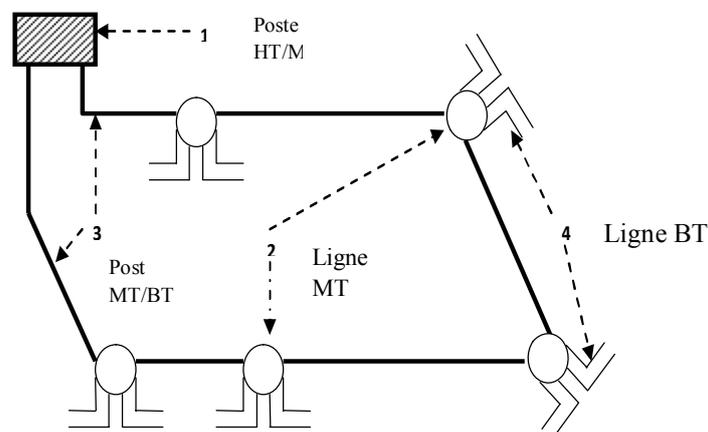


Figure 1.3 : structure bouclée [2]

### 1.3.3- Réseaux radiale :

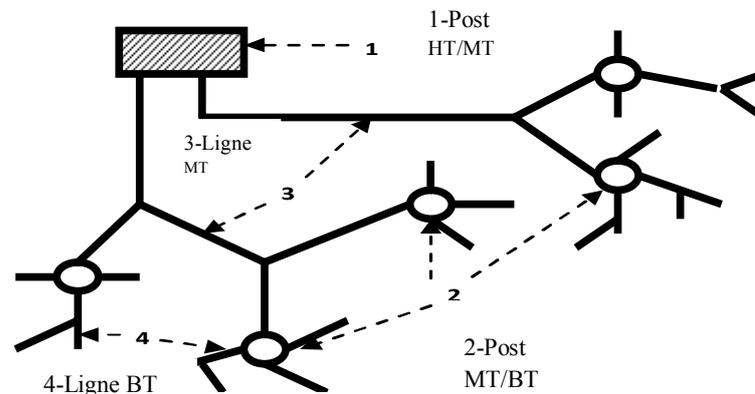


Figure 1.4 : structure radiale [2]

Un réseau radial issu d'un poste d'alimentation est constitué de plusieurs artères dont chacune va en se ramifiant, cette structure nous permet d'avoir des points communs, de sorte que le réseau soit Bouclé mais non bouclé. Car en un point est placé toujours un appareil de coupure, ouvert en régime normal. Cette disposition permet en cas d'incidents sur une artère de reprendre l'alimentation. Les réseaux radiaux sont des structures simples et peuvent être contrôlé et protégés par un appareillage simple.

## 1.4 -fonction des réseaux électriques :

D'après la fonction à remplir, on distingue 5 types de réseaux électriques [1] :

### 1.4.1- Les réseaux d'utilisations:

Doivent pouvoir alimenter un grand nombre de moteurs et d'appareils domestiques dont la puissance industrielle varie de quelques dizaines de watts à quelques kilowatts.

Ce sont les réseaux bas tension (B.T).

### 1.4.2 -Les réseaux industriels:

Qui sont aussi des réseaux d'utilisations nécessitant des puissances élevées. Ils peuvent utiliser soit la basse tension de 500 à 600 V soit la moyenne de 5 à 6 kV.

### 1.4.3 -Réseaux de distribution :

Qui ont pour fonction de fournir aux réseaux d'utilisations la puissance dont ils ont besoin. Il est important de noter que les réseaux de distributions sont conduits à utiliser au moins deux échelons de tensions. On installe dans un poste équipé d'un transformateur MT/BT et des plusieurs départs BT.

### 1.4.4-Réseaux de répartition :

Comprend les lignes de transport et les postes de transformation; dits réseaux locaux; ils fournissent la puissance aux réseaux de distributions mais ne peuvent pas la transiter que sur des distances limitées.

### 1.4.5-Réseaux de transport et d'interconnexion:

Les réseaux de transport et d'interconnexion ont principalement pour mission :

- De collecter l'électricité produite par les centrales importantes et de l'acheminer par grand flux vers les zones de consommation (fonction transport).
- Vers les zones de consommation (fonction transport).
- De permettre une exploitation économique et sûre des moyens de production en assurant une compensation des différents aléas (fonction interconnexion).
- La tension est 150 kV, 220 kV et dernièrement 420 kV
- Neutre directement mis à la terre.
- Réseau maillé.

## 1.5-Classification des réseaux électriques :

Les critères de classification des réseaux électrique sont :

- Construction (réseau aérien, en câble, mixtes).
- Tension.
- Fonction.
- Topologie (géométrie de situation : elle étudie les positions indépendamment des formes et des grandeurs).

## 1.6-La production de l'énergie électrique :

### 1.6.1. Le principe de production :

Toutes les centrales électriques produisent de l'électricité grâce à des systèmes couplés turbine et alternateur. L'énergie utilisée dans les centrales électriques est destinée à la mise en mouvement des turbines. A la sortie de la centrale, une tension efficace de l'ordre de 220 KV et de fréquence 50 Hz est produite. [3]

### 1.6.2 Appel de puissance d'un réseau :

La puissance demandée par l'ensemble des clients d'un réseau subit de grandes fluctuations selon l'heure de la journée et selon les saisons.

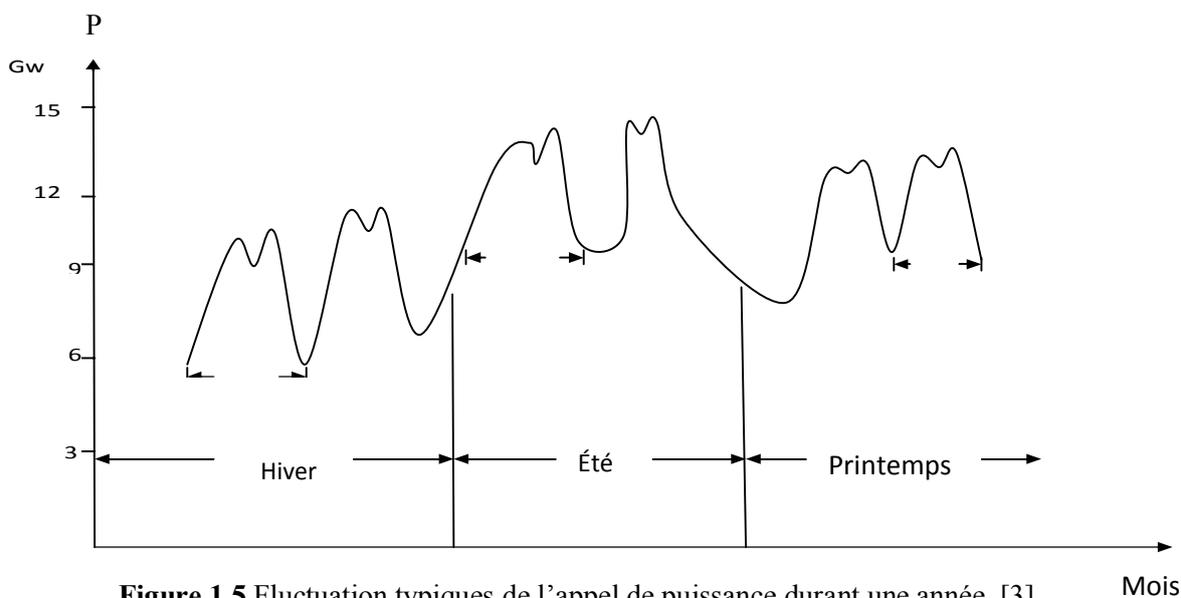


Figure 1.5 Fluctuation typiques de l'appel de puissance durant une année. [3]

L'emplacement des centrales de génération, des lignes de transport et des postes de transformation demande toujours une analyse détaillée pour arriver à une solution acceptable et économique. Il existe trois principaux types de centrales pour produire l'énergie électrique (hydraulique, thermique et nucléaires) bien qu'on puisse exploiter le vent, les marées et l'énergie rayonnante du soleil, ces sources d'énergie ne représentent pour les années à venir qu'une petite partie de l'énergie total dont nous aurons besoin, tout semble indiquer qu'un niveau mondial nous continuerons à exploiter les ressources fossiles (charbon, gaz naturel et nucléaire).[3]

## 1.7-les classes de tensions :

La tension choisie pour un réseau impose que tous les appareils incorporés ou raccordés à ce réseau possèdent un isolement suffisant.

L'échelle des tensions utilisées dans le réseau d'énergie est très grande puisqu'elle va de quelques dizaines de volts à près du million de volts, à l'intérieur de cette échelle, on distingue les classes suivantes :

Tableau 1.1 : les classes de tension

Type de tension	tension
1. Très basse tension(T.B.T)	10 à 50 volts
2. Basses tension(B.T)	50 à 1000 volts
3. Moyennes tensions(M.T)	1 à 50 kilovolts
4. Hautes tensions(H.T)	50 à 300 kilovolts
5. Très Hautes tension(T.H.T)	300 à 1000 kilovolts
6. Ultra Hautes tension(T.H.T)	Supérieures à 1000 kilovolts

1. **T.B.T** : les tensions de cette catégorie sont utilisées dans les locaux très humides, il n'y a pas donc de réseaux propres à ces tensions.
2. **B.T** : il existe les réseaux bas tension utilisant :  
 B1:(115 à127 V ,220 à 230V, 380 à 400V), Sont spécifiques pour les moteurs et éclairage B2 :(500 à 600V), Sont spécifiques pour les puissances.
3. **M.T** : On utilise 3KV ;(5 à 6 KV) ; 10KV ; 20KV.la tension de 10KV a été adaptée pour les réseaux urbains.
4. **H.T** : les réseaux haute tension sont utilisés au transit de puissance élevée, on peut distinguer dans cette gamme les tensions standardisées suivantes : 35KV (30KV) ; 63KV ; 110KV (90KV) ; 220KV.
5. **T.H.T** : les tensions les plus utilisées dans cette gamme sont :  
 330 à 500KV les tensions 750kV (730KV) et 1250KV commencent à apparaître dans les pays industrialisés. [4]

## 1.8-Tensions normalisées :

Tableau 1.2 : tensions normalisées, lignes BT, HTA et HTB

les lignes	Usage	Tensions Normalisées	Aspect visuel des lignes	Tentions (standard)
HTB	Grand transport national et interconnexion	225 kV / 400 kV (THT) 90 kV / 63 kV (HT)	Ligne 225 kV	HTB (50 kV à 400 kV)
HTA	Lignes interrégionales et répartition régionale	33 kV / 20 kV/15 kV (MT)	Poste de répartition 90 kV	HTA (1 kV à 50 kV)
BT	Répartition locale, distribution et consommation	400 V/230 V (BT)	Pylône 230/400 V 4 fils	BT < 1 kV

- Les lignes « HTB » servent à couvrir les distances les plus longues.

Ces lignes parcourent plusieurs centaines voire plusieurs milliers de kilomètres et il est possible de les considérer comme les « artères principales » des réseaux. Ce sont aussi elles qui aboutissent aux interconnexions transfrontalières.

- Les lignes « HTA » servent à mailler plus finement les gros apports en puissance aux niveaux des diverses régions des territoires.

Elles aboutissent à des postes de répartition et d'interconnexion d'où partent une multitude de tronçons de plus faible tension et plus faible puissance, en cela elles constituent les « artères secondaires » des réseaux.

- Les lignes « BT » enfin représentent les « vaisseaux sanguins » des réseaux, c'est-à-dire le maillage le plus fin permettant à chaque consommateur d'être à proximité d'une source d'énergie électrique. [5]

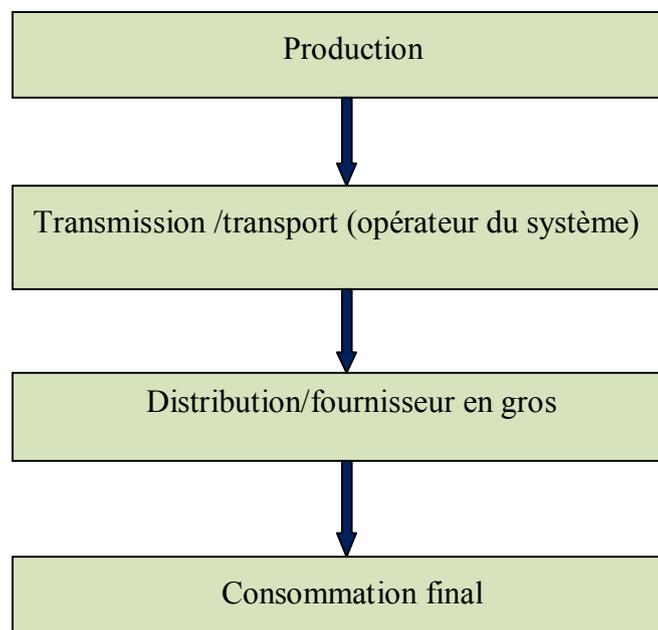
### 1.9-Types de postes électriques:

- 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. [5]

### 1.10-Les étapes de la fourniture de l'électricité:

L'électricité arrive aux consommateurs finaux en suivant toute une chaîne allant de la production, au transport jusqu'à la consommation. [6]

La relation entre les différents maillons composants le système électrique peut être représenté de la manière suivante Figure 1.6 :



**Figure 1.6 :** Représentation schématique du système

### **1.10.1-La production :**

La production de l'électricité constitue entre 35 et 50% du coût total de l'électricité fournie aux consommateurs finaux. La technologie ou la centrale de production de l'électricité convertit une source d'énergie primaire en énergie électrique.

La source d'énergie primaire est un élément technologique déterminant qui permet de distinguer entre les différentes centrales de production. Ces technologies varient aussi selon leurs structures de coût, leurs économies d'échelle et leurs capacités à réaliser le juste à temps, un paramètre essentiel étant donné que l'électricité n'est pas stockable.

Nous distinguons les centrales nucléaires, les centrales thermiques, les centrales hydrauliques et les centrales éoliennes. Nous évaluons ces centrales par leurs caractéristiques en termes de structure de coût, de délais de construction et de contraintes techniques.

### **1.10.2-La grille de transmission :**

La fonction de transmission constitue entre 5 et 15 % du coût total de l'électricité.

La grille de transmission est un ensemble de nœuds connectés par des lignes à haut voltage localisés dans une zone ou un pays donné. Le rôle de cette grille est d'acheminer l'électricité des moyens de production aux centres de distribution et aux gros consommateurs industriels d'électricité. Les nœuds sont connectés par un système de lignes de transmission, avec un transformateur qui réduit ou augmente le voltage dans les nœuds selon une situation de production ou bien de distribution.

Cette grille est considérée comme un monopole naturel et il serait très coûteux et peu efficace de la dupliquer.

### **1.10.3-Le transport :**

Il consiste à acheminer les puissances produites par les unités de production auprès des lieux de consommation. Les grandes centrales étant en général groupées autour des fleuves, des cours d'eau et des océans, le « grand transport » consiste à parcourir de longues distances en direction des extrémités des territoires nationaux.

L'ordre de grandeur de ces distances impose, entre autre, le fait de véhiculer l'énergie électrique sous très haute tension.

#### **1.10.4 L'opérateur du système :**

Dans chaque point de la grille de transmission, et à chaque instant, il doit y avoir un équilibre entre la quantité d'énergie injectée et la quantité soutirée.

Cette condition assure la faisabilité de la grille et maintien l'équilibre entre offre et demande. Cela requiert une planification et une centralisation de l'information obtenue à partir de tous les participants au marché, ainsi qu'une intervention et un partage adéquat pour réagir à un éventuel déséquilibre. Cela est généralement assuré par un seul opérateur connu par le nom de l'opérateur ou le gestionnaire du réseau de transport.

#### **1.10.5-La distribution :**

Elle consiste en un maillage fin du territoire permettant à chaque utilisateur d'être à proximité d'une liaison au réseau.

C'est l'ultime ramification des lignes et des installations qui permet également un passage progressif des très hautes tensions du transport aux basses tensions de la consommation.

#### **1.10.6-Fournisseurs en gros :**

Ce sont des fournisseurs qui achètent de l'énergie en gros à partir des producteurs pour la revendre après. Traditionnellement, ils sont des compagnies de distribution locale, propriétaires des lignes de distribution qui serviront des zones exclusives.

Ils réalisent l'approvisionnement de l'électricité et fournissent les services de base aux consommateurs finaux tels que, la mesure, la maintenance et la distribution.

#### **1.10.7-La consommation :**

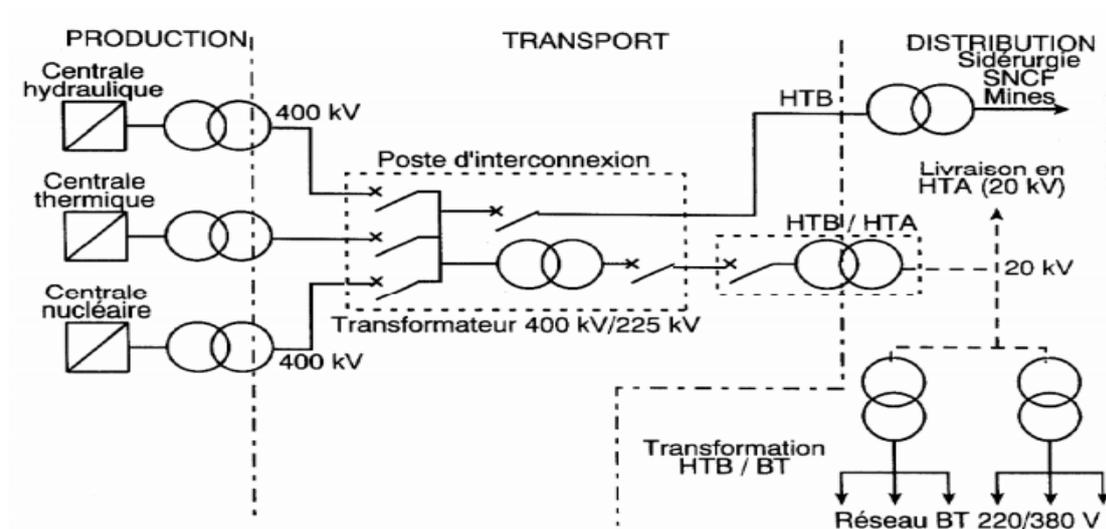
La demande de l'électricité est cyclique et fortement volatile. Elle peut se réaliser un jour, une semaine ou bien un an avant le marché en temps réel, cela étant donné les conditions économiques caractérisant la demande. Elle se modifie régulièrement selon les différentes utilisations individuelles de l'énergie électrique. Elle est très difficile à prévoir.

L'opérateur du système adopte plusieurs techniques pour l'expliquer et la prédire à savoir la température, l'heure de la journée, le jour de la semaine, le prix, etc. Elle dépend spécialement des conditions climatiques, du rythme de vie et du pays considéré.

Les prévisions de la consommation faites plusieurs jours à l'avance se basent sur les niveaux de consommation des jours précédents combinés à la prévision des conditions climatiques.

La consommation de l'électricité est caractérisée par une faible élasticité-prix de la demande. Elle est inélastique à court terme. La difficulté de trouver un substitut à l'électricité et l'absence de signaux sur les coûts d'électricité pour les consommateurs peuvent expliquer cette inélasticité.

Dans le long terme, il est encore plus difficile de l'anticiper. S'agissant de l'investissement en centrales électriques, le degré d'anticipation de l'évolution de la demande dans les années à venir constitue un facteur essentiel à prendre en compte par les investisseurs. Le manque de nouveaux investissements en capacités de production d'électricité constaté à travers le monde est fondamentalement expliqué par cette incertitude.



**Figure 1.7 :** Schéma général de la production, du transport et de la distribution d'énergie [6]

### 1.11-Remarque:

La production, la consommation et le transport. Nous avons mis l'accent sur fonction de production en présentant les moyens de productions qui sont caractérisés par leur grande diversité et leurs caractéristiques. Ces caractéristiques concernent leur structure de coût, leur délai de construction et leur flexibilité. Les coûts marginaux de production ont un rôle important dans les décisions de production à court terme.

La consommation de son côté est caractérisée par sa volatilité et ses fluctuations cycliques.

Le transport d'électricité de son côté est réalisé Vian réseau de transmission qui joue le rôle De liaison entre les grands centres de consommation et les moyens de production. Enfin la Faisabilité de la grille de transmission et l'équilibre entre l'offre et la demande caractéristiques. Il s'agira donc d'évoquer l'évolution de l'organisation de l'industrie Électrique de puis sa création. Nous présentons enfin les différents types des marchés qui existent dans un système électrique déréglementé. [6]

### 1.12-Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons exposé la structure générale d'un réseau électrique, la production, le transport et la distribution de l'énergie électrique, une classification des tensions à été donnée.la topologie des réseaux électrique joue un rôle important dans la stabilité des réseaux électrique.

# *CHAPITRE 2*

## **Méthode des durées et des fréquences**

## 2.1-Introduction :

La détermination de la capacité de production d'énergie électrique par une alimentation adéquate de la charge est un aspect important pour la planification et l'opération des system électrique. La totalité du problème peut être divisé a deux parties majeures, la capacité statique et celle d'opération.

La capacité statique est reliée à l'étude de la demande à longue terme. Hors que la capacité d'opération est reliaer à l'étude au court terme de la capacité pour suivre une certaine charge actuel installé, les deux rôles de l'étude doivent être examiné pendant la planification sont prise pour l'étude de la demande d énergies a long- terme.

L'étude de court- terme de la demande d énergies devinent le problème d'opération des systèmes électrique :

La demande statique et la capacité installé planifie et construite en avance.

L'application des méthodes probabilistique au problème de la capacité statique donne une base analytique pour la planification de la capacité nécessaire pour le bon fonctionnement du système comme la capacité de l'interconnexion des systèmes, l'effet de la grandeur des unités (générateur) et leur désigne l'effet de la planification de la maintenance et autre paramètre du système. L'aspect économique des systèmes pour la comparaison entre les différentes alternatives peut être effectué par l'utilisation des méthodes probabilistique. [5]

## 2.2-Généralité :

La fonction de base d'un système d'énergie électrique est de répondre aux exigences des clients, avec une qualité et une fiabilité raisonnable, et d'une façon économique. Les sociétés électrique ont pour la plupart, atteint cet objectif. Ceci a été accompli en utilisant des critères de fiabilité de la planification de la production, la transmission et la distribution basée sur l'application des techniques probabilistique et qui ont évoluées sur beaucoup d'années d'expérience de fonctionnement. Il y a, cependant, une identification naissante dans l'industrie que la pratique traditionnelle de fournir à tous les utilisateurs une énergie à un niveau élevé de fiabilité du service. La perte du service électrique a des impacts significatifs sur la vie économique et sociale. Le système d'alimentation est vulnérable aux anomalies de système telles que des défauts de commande, des défauts de système de protection ou de communication, et des perturbations, telles que la foudre, et les erreurs humaines. Par conséquent, le maintien d'une alimentation d'énergie fiable est une question très importante pour les systèmes électriques. [5]

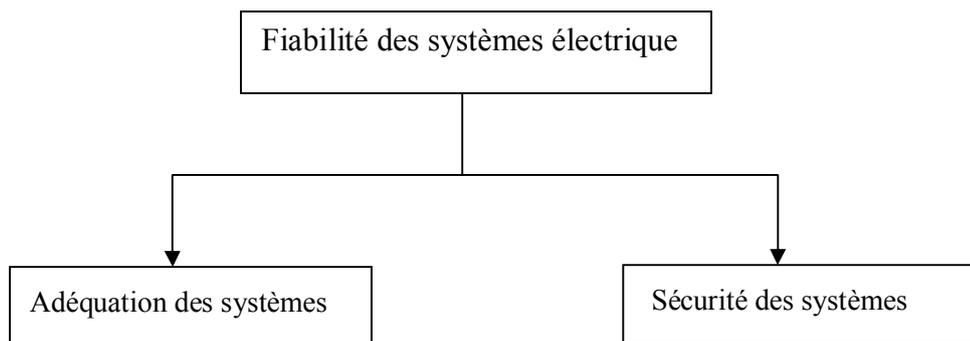
### 2.3-Définition de fiabilité des systèmes électrique :

Le but de base de chaque production d'énergie électrique est de répondre à l'exigence de la demande d'énergie de la charge au plus bas possible cout tout en maintenant les niveaux acceptables de la qualité et la continuité de l'approvisionnement.

La capacité d'un réseau d'énergie électrique de fournir un approvisionnement raisonnable en énergie électrique est habituellement indiquée par le terme.

La fiabilité peut être définie, d'une façon générale, comme, la probabilité d'un dispositif exécutant une fonction prévue au cours d'un période prévue dans les conditions de fonctionnement prévue. Le concept de la fiabilité de puissance-système est extrêmement large et couvre tous les aspects de la capacité du système de répondre aux exigences des clients.

L'évaluation de la fiabilité des systèmes électriques peut être divisée en deux aspects de base, adéquation et la sécurité du système **Figure 2. 1** représente deux aspects de base de la fiabilité des systèmes électrique :



**Figure 2.1** : Les aspects de base. [6]

#### 2.3.1-L'adéquation des systèmes :

L'adéquation est reliée à l'existence des équipements de puissance électrique suffisants dans le système pour satisfaire la demande des charges.

L'adéquation des systèmes inclut les équipements nécessaires pour produire de l'énergie suffisante et des équipements associés de transmission et de distribution exigés pour transporter l'énergie aux points de charge (consommateur).

L'adéquation du système électrique signifie l'existence d'une capacité disponible et installée capable de satisfaire, en temps réel, la demande d'électricité anticipée. Dans une perspective technique, la sécurité et l'adéquation visent le même objectif : améliorer la qualité du service de production en temps réel. Sauf que l'adéquation touche plutôt des questions de long terme. [6]

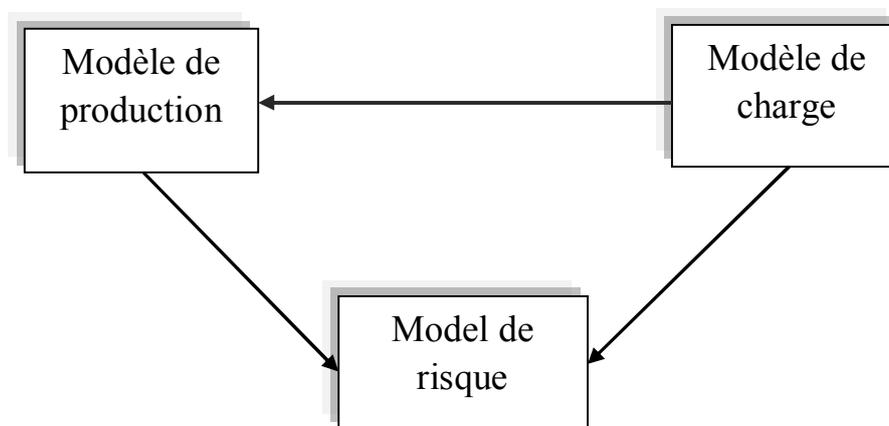
Cela concerne les investissements en capacités de production d'électricité, les décisions de retrait ou d'extension des capacités existantes ainsi que les décisions d'exploitation de long terme affectant la disponibilité d'une unité de production pour répondre aux besoins du système à un moment donné.

### 2.3.2-Sécurité des systèmes :

La sécurité est liée à la capacité du système de répondre aux perturbations surgissant dans ce système. La sécurité est donc associée à la réponse du système aux perturbations. La plupart des techniques probabilistes actuellement disponibles pour l'évaluation de la fiabilité des systèmes sont dans le domaine (adéquation). [6]

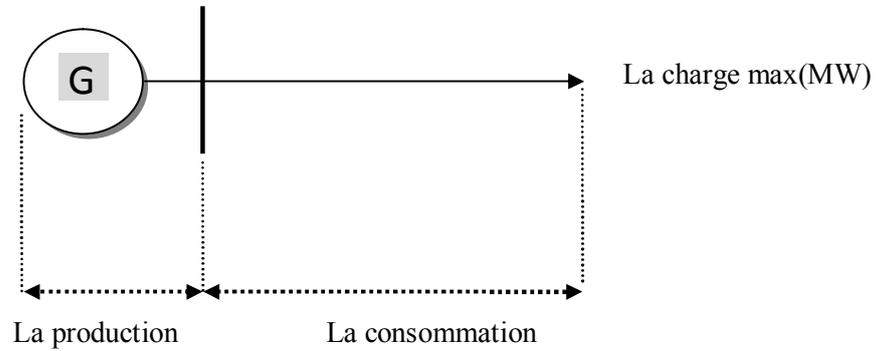
### 2.4-Technique d'évaluation de la fiabilité des capacités :

Dans cette étude on évalue la probabilité de la perte de charge. L'approche de base pour l'évaluation d'une certaine configuration adéquate à la demande d'énergie électrique et fondamentalement pour toutes les techniques, elle contient les trois volets comme représenté à la figure 2.2.



**Figure 2.2 :** Conceptuelle prend en générant évaluation de la fiabilité des capacités

Le modèle de production est comminé a celui le modèle de la charge (**figure 2.2**) pour formé le modèle de risque approprie, dans cette étape d'étude du système est vue come représenté sur la figure 2.3.



**Figure 2.3** : le modèle du système électrique de production

## 2.5 -Le modèle de système de production :

### 2.5.1 -L'indisponibilité des unités de Production (génératrice) :

Le paramètre de base d'unité de production utilisée dans l'évaluation des capacités statique est la probabilité de trouver l'unité sur arrêt forcé à un moment éloigné dans le temps. Cette probabilité a été définie dans les systèmes d'ingénierie comme l'indisponibilité d'unité, et historiquement dans les applications du système de production d'énergie électrique, il est connu sous le nom du taux de panne forcée de l'unité (FOR) ; C'est le rapport de deux valeurs de temps.

$$\text{indisponibilité} = U = \frac{\Sigma[\text{les temps interruption(panne)}]}{\Sigma[\text{les temps interruption}]+\Sigma[\text{les temps de fonctionnement}]} \dots\dots\dots \text{Eq 2.1}$$

$$\text{disponibilité} = A = \frac{\Sigma[\text{les temps de fonctionnement}]}{\Sigma[\text{les temps interruption}]+\Sigma[\text{les temps de fonctionnement}]} \dots\dots\dots \text{Eq 2.2}$$

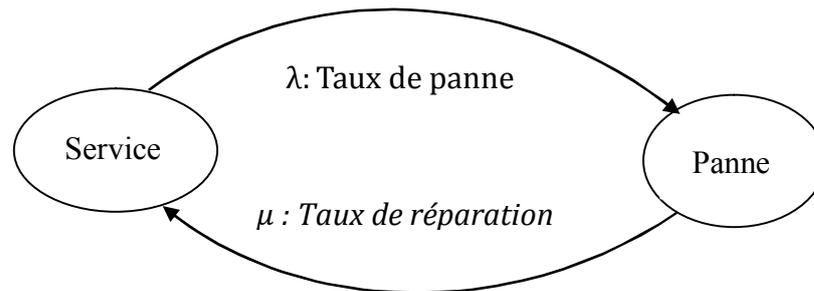
$$r = \text{le temps moyen à repaire} = \text{MTTR} = 1/\mu$$

$$f = \text{fréquence de cycle} = 1/T$$

$$T = \text{temps de cycle} = 1/f$$

### 2.5.2-Chaine de MARKOV (deux l'état) :

Les notions de disponibilité et d'indisponibilité comme illustré dans les équations 2. 1 et 2.2 sont associés au modèle simple à deux l'état de la figure. 2.4 Ce modèle est directement applicable à une unité de génératrice de base qui est soit en service ou hors de service forcée.



**Figure 2.4** : modèle à deux états d'une unité de charge de base

La condition d'échec de démarrage est représentée par le taux de transition  $\lambda$  (taux de panne) et  $\mu$  (taux de réparation) entre l'état de « Service » et celle de la « Panne ».

Ce système peut être représenté comme un processus de Markov et des équations peuvent être développées pour les probabilités de résidence dans chaque état en termes des taux de transition entre les différentes d'états.

## 2.6-Les indices de perte de la charge (Loos of load indices):

### 2.6.1- Évaluation des indices d'énergie :

L'approche standard de LOLE utilise la courbe de variation du pic quotidien de charge ou la courbe des charges de pointe individuels quotidiennes pour calculer le nombre prévu de jours dans la période d'étude ou la charge de pointe journalière dépasse la capacité disponible installée.

L'indice LOLE peut également être calculé en utilisant la courbe des durées horaires de la charge des valeurs individuelles. L'aire sous la courbe de durée de charge représente l'énergie utilisée au cours de la période spécifiée et peut être utilisé pour calculer une énergie non fournie attendu en raison à l'insuffisance de capacité installée.

Les résultats de cette approche peuvent également être exprimés en termes de rapport probable entre l'énergie de charge réduite en raison de défauts dans la capacité de production disponible et l'énergie de charge totale requise pour servir reprendre au besoin du système. Pour une courbe de durée de charge donnée, ce rapport est indépendant de la période considérée, qui est habituellement un mois ou une année.

Le rapport est généralement un chiffre extrêmement faible inférieur à l'unité et peut être définie comme «l'index de fiabilité du manque d'énergie». Il est plus habituel, toutefois, de soustraire cette quantité à partir de l'unité et donc obtenir le rapport probable entre l'énergie de charge qui sera fournis et l'énergie de charge totale requise par le système. Ceci est connu comme « l'indice de la fiabilité de l'énergie».

Les probabilités d'avoir des quantités variables de capacités indisponibles sont combinées avec la charge du système montré dans la figure 2.5. Une panne de capacité de production supérieure à la réserve se traduira en une réduction de l'énergie de charge fournie par le système. Soit:

$Q_K$  : Amplitude de la panne des capacités de production.

$P_K$ : Probabilité d'une panne de capacité égale à  $Q_k$ .

$E_K$  : Énergie réduite par une panne de capacité égale à  $Q_k$ .

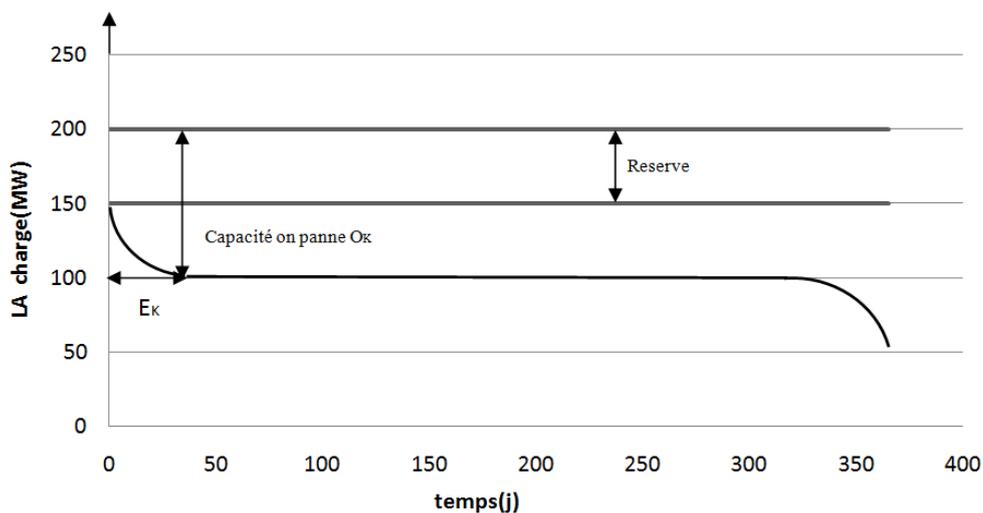


Figure 2.5 : réduction d'énergie en raison des capacités disponible

L'énergie probablement réduite est  $E_k \times P_k$ . La somme de ces produits est la totale réduction de l'énergie qui devrait être fournie ou l'espérance de la perte de l'énergie LOEE:

$$LOEE = \sum_{k=1}^n E_k P_k \dots\dots\dots \text{Eq 2.3}$$

Cela peut ensuite être normalisé en utilisant l'énergie totale en vertu de la courbe des durées de charge désignée comme :

$$LOEE_{p,u} = \sum_{k=1}^n E_k P_k / E_K \dots\dots\dots \text{Eq 2.4}$$

**2.6.2- Concepts et techniques d'évaluation :**

Le modèle des systèmes de génération illustré dans la section précédente peut être convolé avec un modèle de charge appropriée pour produire un indice de risque du système.

Il ya un certain nombre de modèles de charge possibles qui peuvent être utilisés et par conséquent il ya un certain nombre d'indices de risque qui peuvent être produites.

Le modèle le plus simple de charge et celui qui est largement utilisé est celui dans lequel est représenté par sa charge de pointe journalière.

Les charges de pointe quotidiennes peuvent être disposées dans l'ordre décroissant pour former un cumulatif de charge, ce modèle est connu comme la courbe de variation de charge de pointe quotidienne.

Le modèle résultant est connu sous le nom de la courbe de durée de charge. Dans cette approche, le tableau de la probabilité de coupure de capacité du système est combiné avec la caractéristique de charge du système pour donner un risque prévue de la perte de charge.

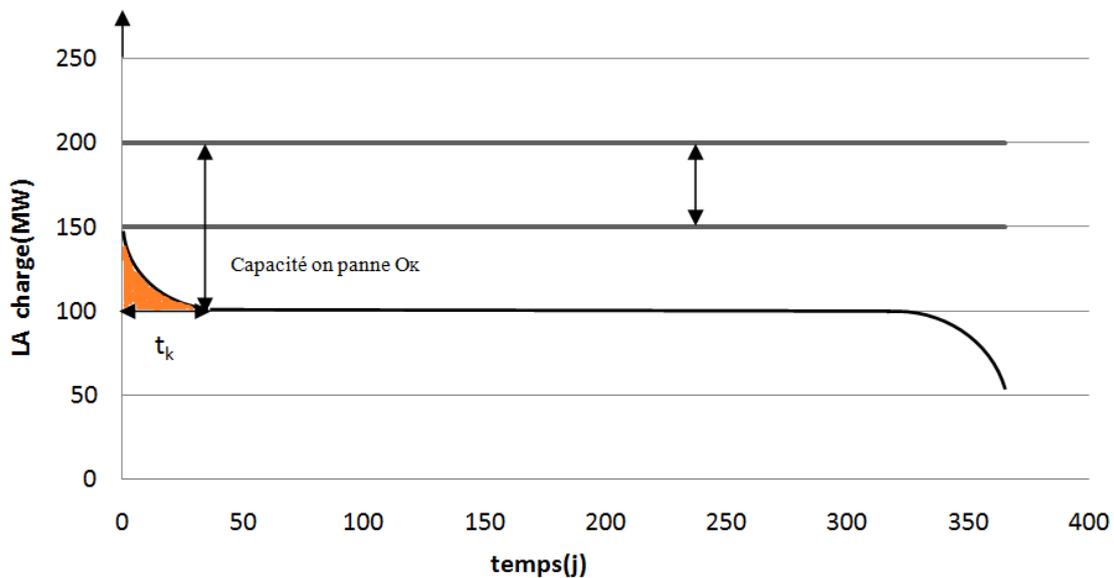
Les unités sont exprimées en jours, si la courbe de variation du pic quotidien de charge est utilisée et en heures si la courbe de durée de charge est utilisé.

Avant de combiner la table de probabilité de coupure il faut être conscient qu'il ya une différence entre les «pannes en capacités» et le terme «perte de charge».

Le terme «Panne des capacités» indique une perte de production qui peut ou non se traduire par une perte de charge.

Cette condition dépend des marges de réserve en capacité de production et du niveau de charge du système. Une «perte de charge» ne se réalise que lorsque la capacité de production en réserve est dépassée par le niveau de charge du système.

Les charges individuelles de pointe quotidiennes peuvent être utilisées en conjonction avec la table de probabilité de coupure des capacités pour obtenir le nombre de jours dans une période spécifiée pendant laquelle la charge de pointe quotidienne dépasse la capacité disponible. L'indice dans ce cas est désigné comme l'espérance de la perte de charge (LOLE).



**Figure 2.6 :** relation entre la capacité de charge et de service

Le même indice LOLE peut également être obtenu en utilisant la courbe de variation de la charge de pointe journalière.

La figure 2.6 présente un système typique de relation capacité-charge où le modèle de charge est représenté par une courbe continue pendant une période de 365 jours.

Une panne de capacité particulière contribuera à l'espérance de la perte de charge (LOLE) du système est égal au produit de la probabilité de l'existence de l'interruption particulière et le nombre des interruptions dans l'intervalle d'étude considéré.

Il peut être vu sur la Fig. 2.6 que toute panne de capacité inférieure de la réserve ne contribue pas dans l'indice LOLE du système.

Les pannes de capacité au-delà des réserves entraîneront un nombre d'interruptions pendant laquelle la perte de charge est susceptible de se produire. Mathématiquement exprimé, la contribution à l'indice (LOLE) du système résultat de la perte (panne) de la capacité  $Q_k$  est  $(p_k \times t_k)$  ou  $p_k$  sont les probabilités individuelles associées à l'indisponibilité des capacités  $Q_k$ .

L'indice (LOLE) total pour l'intervalle considéré est :

$$LOLE = \sum_{k=1}^n P_k t_k \dots \dots \dots E q-2.5$$

L'équation peut être modifiée pour utiliser le cumulatif des probabilités.

Dans ce cas :

$$LOLE = \sum_{k=1}^n (t_k - t_{k-1}) P_k \dots \dots \dots E q-2.6$$

Note  $P_k$  probabilité de coupure cumulée pour l'état des capacités  $Q_k$ .

Si la caractéristique de charge dans la Fig. 2.7 est la courbe des durées des charges, la valeur de LOLE est en heures.

Si une courbe de variation de pointe journalière de charge est utilisée, le LOLE est en jours pour la période en d'étude.

La période d'étude pourrait être une semaine, un mois ou un an. Le plus simple des applications est l'utilisation de la courbe sur une base annuelle.

Si aucun entretien d'unité de production à été réalisé, la table de probabilités de panne des capacités serait valable pour la période entière.

### 2.7-probabilité d'interruption de la Capacité de production:

Le modèle de production nécessaire dans l'approche de la perte de la charge est parfois connu sous le nom de ; tableaux des probabilités d'interruption de la capacité de production. Comme son nom l'indique, il s'agit d'un simple tableau de niveaux de capacité et les probabilités associées de l'existence.

Les unités peuvent être combinées en utilisant des concepts probabilistes de base ; cette approche peut être étendue à une technique récursive simple mais puissante dans laquelle les unités sont ajoutés de manière séquentielle pour produire le modèle final.

Ces concepts peuvent être illustrés par un exemple numérique simple.

Un système se compose de deux unités de 3 MW et une de 5 MW avec un taux arrêt forcé des unités égale à 0,02.

Les deux unités identiques peuvent être combinées pour donner Le tableau de la probabilité de la panne de la capacité montré sur le tableau 2.1.

**Tableau 2.1:** probabilité d'un système composé à deux générateurs

Capacité de service	Probabilité
0 MW	$(0.98) \times (0.98) = 0.9604$
3MW	$(0.98) \times (0.02) = 0.0392$
6MW	$(0.02) \times (0.02) = 0.0004$

Total = 1.0000

L'unité de production de 5 MW peut être ajoutée à ce tableau en considérant qu'il ne peut exister que dans deux états. Il peut être mis en service avec la probabilité  $(1 - 0,02) = 0,98$

Ou il peut être hors service, avec une probabilité 0,02. Les deux tableaux qui en résultent (tableaux 2.2 et 2.3). Cette approche peut être étendue à un nombre quelconque des états des unités de production.

Les deux tableaux peuvent être combinés comme représenté sur le tableau 2.4 La valeur de la probabilité dans le tableau est la probabilité exacte de la quantité de la capacité indiquée de mise hors service. Une colonne supplémentaire peut être ajoutée, qui donne la probabilité cumulative. Il s'agit de la probabilité de trouver une quantité de capacité en panne égale ou supérieure à la valeur indiquée. Les valeurs de probabilité cumulatives diminuer à mesure que les pannes des capacités augmente. Bien que ce n'est pas tout à fait vrai avec les probabilités individuelles.

Par exemple, dans le tableau ci-dessus la probabilité de perdre 8 MW est plus élevée que la probabilité de perdre 6 MW. Dans un système pratique la probabilité d'avoir une grande quantité de la capacité hors service forcée est généralement assez faible, car cette condition exige l'arrêt de plusieurs unités. Théoriquement, la table de la probabilité de coupure de la capacité intègre toutes les capacités possibles du système.

Probabilité favorable est 0.98 et Probabilité défavorable 0.02

**Tableau 2.2 :** générateur de 5MW on service

Capacité de service	Probabilité
0 + 0 MW	0.964 (0.98) = 0.941192
3 + 0MW	0.0392 (0.98) = 0.038416
6 + 0MW	0.0004 (0.98) = 0.000392
Total = 0.980000	

**Tableau 2.3 :** générateur de 5MW on panne

Capacité de service	Probabilité
0 + 5 MW	(0.964) (0.02) = 0.019208
3 + 5MW	(0.0392)(0.02) = 0.000784
6 + 5MW	(0.0004) (0.02) = 0.000008
Total = 0.020000	

**Tableau 2.4 :** probabilité du système de trois unités

Capacité de production on panne(MW)	probabilité	LE cumul de probabilité
0	0.941192	1.000000
3	0.038416	0.058808
5	0.019208	0.020392
6	0.000392	0.001184
8	0.000784	0.000792
11	0.000008	0.000008

Le tableau peut être tronquée en omettant toutes les pannes de capacité pour lesquelles la probabilité cumulée est inférieure à un montant spécifié (Exemple :  $10^{-6}$ ).

Il en résulte également une économie considérable du temps de calcul au fur et à mesure que le tableau est tronqué à chaque unité ajoutée. La probabilité d'interruption des capacités peuvent être additionnés chaque fois une unité est ajoutée, ou calculées directement

en tant que valeurs cumulées pendant le processus de la troncature et donc ne nécessite pas d'erreur dans le calcul des résultats.

Dans un système pratique contenant un grand nombre d'unités de capacités différentes, le tableau contiendra plusieurs centaines de possibilités de niveaux discrets d'indisponibilité des capacités. Ce nombre peut être réduit par le regroupement des unités de capacité en groupes identiques avant la combinaison ou en arrondissant le tableau à niveaux discrets après combinaison.

## **2.8 -Diagramme d'espace d'état pour trois unités :**

### **2.8.1-Fondamentaux de développement :**

Les concepts peuvent peut-être vu plus facilement à l'aide d'un simple exemple numérique. Le système décrit dans le tableau 2.5 contient les données de base nécessaires à l'analyse. Cette section illustre le développement d'un modèle de système à l'aide de la relation fondamentale, comme il sera montré. Ce n'est pas une approche pratique pour l'analyse de grand système à l'aide d'un calculateur numérique. Si chaque unité peut exister dans deux États, alors le nombre total des états dans le système est égale à  $2^n$  où  $n$  = nombre d'éléments du système, c'est-à-dire dans notre cas  $2^3 = 8$  états. Le nombre total d'États dans le système du tableau 2.5 est énuméré dans le Tableau 2.6 Ces États peuvent également être représentés comme un diagramme de transition d'État, comme le montre la Figure 2.7

Ce diagramme énumère l'ensemble possible du mode de transition d'un État à un autre.

Par exemple, étant donné que le système est en état 2 dans laquelle l'élément 1 est en panne et les autres sont en service, le système peut transiter aux États 1, 5 ou 6 de la manière suivante :

De L'état 2 à 1 si l'élément 1 est réparé.

De 2 à 5 en cas d'échec de l'élément 2.

De 2 à 6 en cas d'échec de l'élément 3.

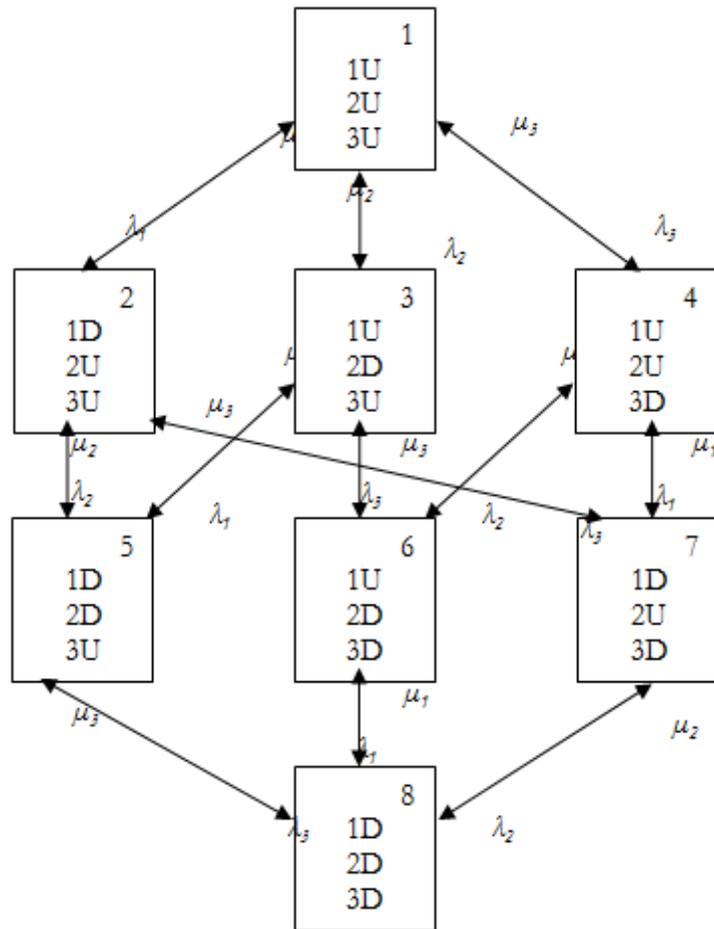


Figure 2.7 : diagramme d'espace d'états pour trois unités

Tableau 2.5 : donnée technique

N° de l'état	Capacité (MW)	Taux de panne $\lambda$ (p/ jour)	Taux de Réparation $\mu$ (r/jour)	probabilité favorable A	probabilité Défavorable U
1	25	0.01	0.49	0.98	0.02
2	25	0.01	0.49	0.98	0.02
3	50	0.01	0.49	0.98	0.02

Par exemple, si les éléments sont des unités de production, donc la dernière ligne (tableau 2.6) est l'information de la capacité hors service dans le système.

Si les éléments sont des lignes de transmission en parallèle donc les informations seront les mégawatts maximaux qui peuvent être livrés à des points de charge.

Le taux total de départ de l'état 2 est donc la somme des taux individuels de départ ( $\mu_1 + \lambda_2 + \lambda_3$ ). Les probabilités associées à chaque État en tableau 2.6 peuvent être facilement calculé en supposant indépendance d'événement.

Les fréquences de rencontrer chaque État sont obtenues lorsque le taux de départ ou d'entrée est la somme des taux appropriés. Les manipulations de base figurent dans le Tableau 2.7.

**Tableau 2.6 :** Effets et modes de défaillance (panne)

N° de l'état	1	2	3	4	5	6	7	8
Elément N°1	U	D	U	U	D	D	U	D
Elément N°2	U	U	D	U	D	U	D	D
Elément N°3	U	U	U	D	U	D	D	D
Capacité hors service:	0	25	25	50	50	75	75	100

**Tableau 2.7 :** modèle de Génération

N° de l'état	Capacité hors service	Probabilité individuel P	Taux de départ	fréquence f (1/jour)
1	0	$(0.98 \times 0.98 \times 0.98) = 0.941192$	0.03	$(0.941192 \times 0.03) = 0.02823576$
2	25	$(0.02 \times 0.98 \times 0.98) = 0.019208$	0.51	$(0.019208 \times 0.51) = 0.00979608$
3	25	$(0.98)(0.02 \times 0.98) = 0.019208$	0.51	$(0.019208 \times (0.51)) = 0.00979608$
4	50	$(0.98)(0.98 \times 0.02) = 0.019208$	0.51	$(0.019208 \times 0.51) = 0.00979608$
5	50	$(0.02 \times 0.02 \times 0.98) = 0.000392$	0.99	$(0.000392 \times 0.99) = 0.00038808$
6	75	$(0.02)(0.98 \times 0.02) = 0.000392$	0.99	$(0.000392 \times 0.99) = 0.00038808$
7	75	$(0.98 \times 0.02 \times 0.02) = 0.000392$	0.99	$(0.000392 \times 0.99) = 0.00038808$
8	100	$(0.02)(0.02 \times 0.02) = 0.000008$	1.47	$(0.000008 \times 1.47) = 0.00001176$

Total = 1.000000

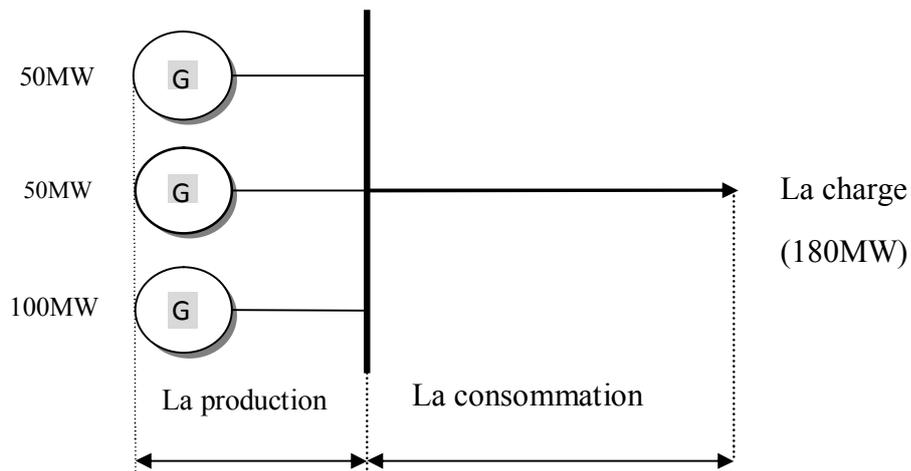
**2.8.2-Exemple numérique :**

**2.8.2.1-Etude de base (D'espace unité trois États) :**

On considère une centrale électrique de puissance installée de 200MW formée de trois générateurs de puissance respectives 50MW, 50MW et 100MW. Par application des théories introduites au chapitre précédent, l'analyse et le calcul de la probabilité est représentés sur le tableau correspondant.

L'application des équations (2.5) et (2.6) peut être illustrée par un exemple numérique simple. Considérons un système contenant trois unités de (2× 50 MW et 1 × 100) chacune avec un taux de panne  $\lambda = 0,01$ (p/ jour) et un taux de Réparation  $\mu = 0.49$ (r/jour)

Le Tableau 2.7 représente la méthode de calcul du taux de départ et la fréquence et la probabilité individuelle de ce système est montrée dans le tableau 2.10.



**Figure 2.8 :** le modèle du système électrique de production composé de trois générateurs

**2. 8.2.2 la probabilité à l'état la charge max 180MW:**

**Tableau 2.8 :** probabilité du système composé de trois générateurs

Etats N°	3G			Capacité en panne(MW)	Capacité en service(MW)	Probabilité L j	Probabilité individuel	Probabilité de panne
	Trois générateurs							
	G1	G2	G3					
1	0	0	0	0	200	0.000000	0.941192	0.000000
2	0	0	1	100	100	0.925925	0.019208	0.017785
3	0	1	0	50	150	0.462962	0.019208	0.008892
4	0	1	1	150	50	1	0.000392	0.000392
5	1	0	0	50	150	0.462962	0.019208	0.008892
6	1	0	1	150	50	1	0.000392	0.000392
7	1	1	0	100	100	0.925925	0.000392	0.000392
8	1	1	1	200	0	1	0.000008	0.000008

Avec :

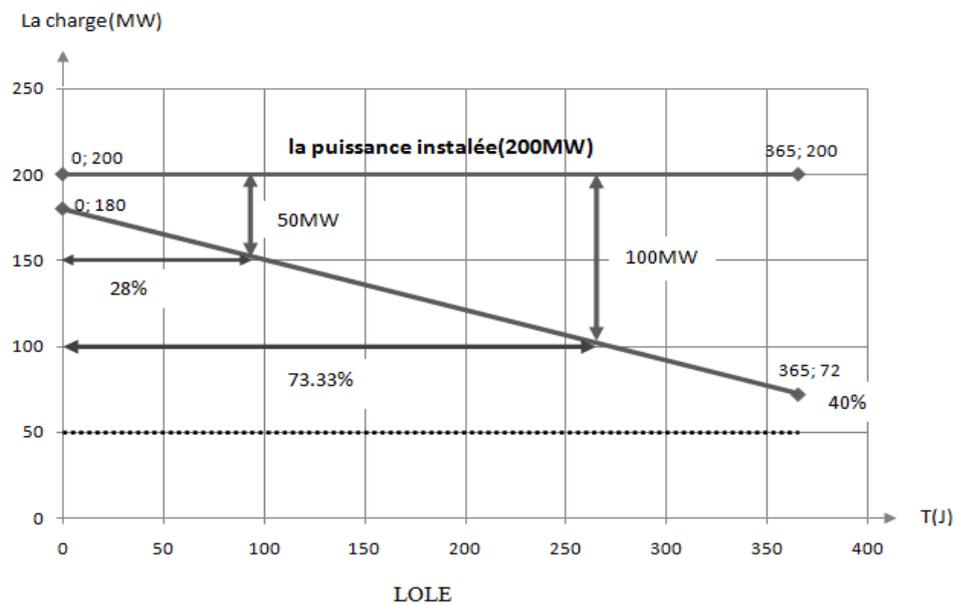
- 0 (panne) = générateur en service.
- 1 (panne) = générateur en panne.

Remarque : Les valeurs de probabilité inférieure à  $10^{-6}$  ont été négligées.

**2. 8.2.3- LOLE à l'état la charge max 180MW:**

**Tableau 2.9 :** LOLE en utilisant la probabilité individuelle

Etats N°	Capacité en panne (MW)	Capacité en service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
1	0	200	0.941192	-	-
2	50	150	0.038416	28%	1.07
3	100	100	0.038416	73.33%	2.81
4	150	50	0.000784	-	-
5	200	0	0.000008	0%	0



**Figure 2.9 :** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximal 180 MW)

La courbe est supposée être linéaire afin de simplifier les calculs manuels, même si une telle représentation linéaire n'est pas susceptible de se produire dans la pratique.

La période d'étude dans ce cas est supposé être un an et donc de 100% sur l'abscisse correspond à 365 jours. La charge demandée maximale pour ce système est de 180 MW, ce qui correspond à la condition 100% en ordonnée.

LOLE peuvent être trouvé en utilisant soit les probabilités individuelles d'indisponibilité des capacités ou en utilisant les valeurs cumulées. Les deux méthodes sont illustrées dans cet exemple. Le tableau 2.9 indique le calcul à l'aide de l'équation (2.5).

Le temps des périodes  $t_K$  Sont présenté dans la Fig. 2.9.

2. 8.2.4- la fréquence à l'état la charge max 180MW:

Tableau 2.10 : fréquence pour le système de trois unités d'un modèle de génération

Etat N°	3G			Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité L <sub>j</sub>	Probabilité individuel	Taux de départ	Fréquence f (1/jour)	Fréquence De panne f <sub>p</sub> (1/jour)
	G1	G2	G3							
1	0	0	0	0	200	0.000000	0.941192	0.03	0.028235	0.000000
2	0	0	1	100	100	0.925925	0.019208	0.51	0.009796	0.009070
3	0	1	0	50	150	0.462962	0.019208	0.51	0.009796	0.004535
4	0	1	1	150	50	1	0.000392	0.99	0.000388	0.000388
5	1	0	0	50	150	0.462962	0.019208	0.51	0.009796	0.004535
6	1	0	1	150	50	1	0.000392	0.99	0.000388	0.000388
7	1	1	0	100	100	0.925925	0.000392	0.99	0.000388	0.0003592
8	1	1	1	200	0	1	0.000008	1.47	0.000011	0.000011

✓ Fréquence = Probabilité *individuel* P × Taux de départ

✓ Fréquence de panne = Probabilité L<sub>j</sub> × Fréquence

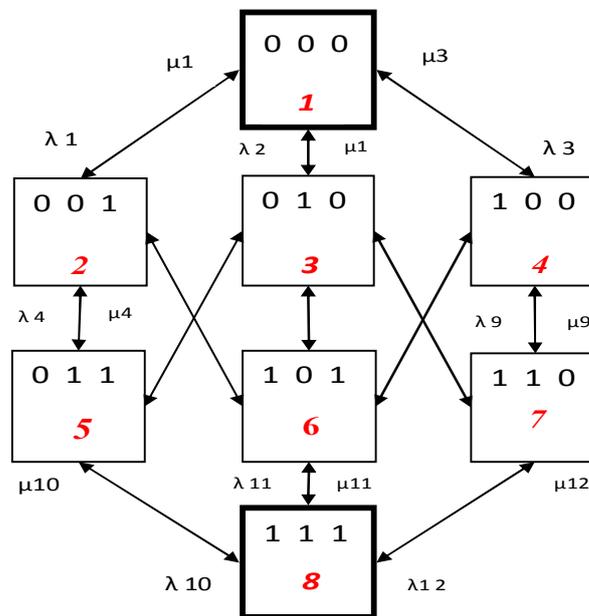


Figure 2.10 : Diagramme d'espace unité trois États

## 2.9-Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons exposé l'importance la théorie des probabilités et théorie des fréquentielles lors de l'étude d'un système électrique (système de production).

Puis nous avons présenté Le modèle de système de production et L'indisponibilité des unités de Production (génératrice) et les tableaux des probabilités d'interruption de la Capacité de production. en suite nous avons étudié les indices de perte de charge et quelque exemple numérique.

En suit nous avons réservé une partie de ce chapitre pour l'analyse d'expansion des capacités et les techniques d'évaluation et en fin de se chapitre on a étudié les indices de perte d'énergie et évaluation des indices d'énergie.

Dans le chapitre qui suit nous allons appliquer la théorie des probabilités et des fréquentielles sur un système de production.

# *CHAPITRE 3*

**Application de La fiabilité**

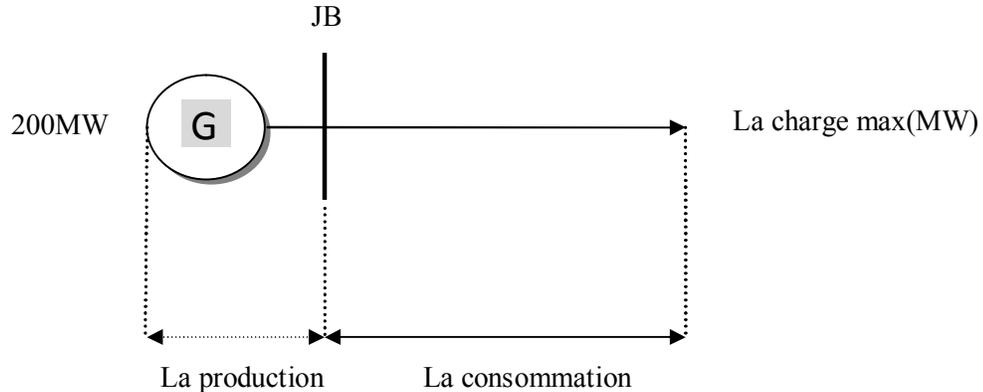
### 3.1-Introduction :

Dans ce présent chapitre, les concepts décrits dans le chapitre 2 sont utilisés dans ce chapitre pour calculer les indices de fiabilité pour les systèmes exemple de production d'énergie si après. Le système de test –exemple- est utilisé tout au long de cette section pour illustrer les concepts et procédures de base impliqués dans l'analyse de la fiabilité du système électrique.

### 3.2-Système de test :

Le système électrique utilisé comme exemple pour le calcul de la fiabilité procède une puissance installée de production de 200 MW pour alimenter la charge globale du réseau.

L'application dans cette section utilise le système teste décrite ci dessous. La description détaillée de ce système sont donnés dans la section si après. Le système teste est un système numérique est suffisamment petit pour permettre au étudiant la conduite d'un grand nombre d'études de fiabilité, avec un temps de calcul manuelle et solution raisonnable. Il est suffisamment détaillé pour refléter les complexités réelles impliquées dans une analyse pratique de la fiabilité. Le schéma unifilaire du système et illustrée dans la figure 3.1.



**Figure 3.1** : Le modèle de système

### 3.3-Etude de la fiabilité du system teste :

Le système électrique de teste utiliser dispose de jeux de bar un connectant le système de production (jeu de bar de production).

La puissance de production installée est de 200MW dans de différentes configurations. La configuration touche le nombre des générateurs installés dans la centrale électrique pour la production de la puissance demandé.

Les différentes configurations présenter ici dès la centrale électrique est touché par la variation du nombre de générateurs dans chaque configuration. Si la puissance des centrales électriques est constante en contrepartie on trouve que le nombre des générateurs peut changer d'une configuration à une autre ; par exemple la centrale peut comprendre un seul générateur de 200MW ; comme elle peut comprendre deux générateurs de 100MW chacun. D'autre possibilités sont faisable par exemple 150 MW pour le premier générateur et 50MW pour le deuxième. Le choix de la configuration et primordial pour le bon fonctionnement de la central ainsi pour la fiabilité du réseau électrique global. Le type des générateurs ainsi que la centrale électrique (classique ou renouvelable) n'est important dans notre étude.

Pour notre application en premier lieux la puissance installer est de 200MW avec de différentes configurations concernant le nombre des générateurs et leurs capacités individuelles ; comme représenté dans le tableau 3.1. Cette étude permet de voir l'influence du nombre de générateurs sur la fiabilité de la production et du réseau électrique tout entier.

Tableau 3.1 : différente configuration de la centrale électrique

La Centrale électrique	Capacité installée(MW)	Configuration (nombre de générateur)	Capacité de production(MW)				
			G1	G2	G3	G4	G5
N°1 :(2G)	200MW	deux générateurs	100	100	/	/	/
N°2 :(3G)	200MW	Trois générateurs	50	50	100	/	/
N°3 :(4G)	200MW	quatre générateurs	50	50	50	50	/
N°4 :(5G)	200MW	cinq générateurs	40	40	40	40	40

L'étude comprend les étapes suivantes pour l'évaluation de la fiabilité du réseau électrique:

- ❖ Changement de la configuration de la centrale électrique par la variation du nombre des générateurs ainsi la capacité de chaque générateur voir tableau 3.1.
- ❖ Dans chaque configuration la probabilité de chaque état (possibilités), ainsi que l'indice LOLE sont calculés.
- ❖ Chaque configuration est étudiée pour de différentes consommations (charges), pour voir l'influence sur l'indice de fiabilité LOLE.
- ❖ La variation des probabilités favorable et défavorable est appliquée pour voir la variation de l'indice LOLE.
- ❖ L'évaluation de la fiabilité du système composé des parties de production est étudié par la méthode des fréquences et des durées.
- ❖ Le calcul de la probabilité pour chaque cas, donne aux ingénieurs l'information de la production de l'événement (état), la méthode des fréquences donne plus d'information pour l'ingénieur concernant l'aspect répétitive d'un certain état de panne.

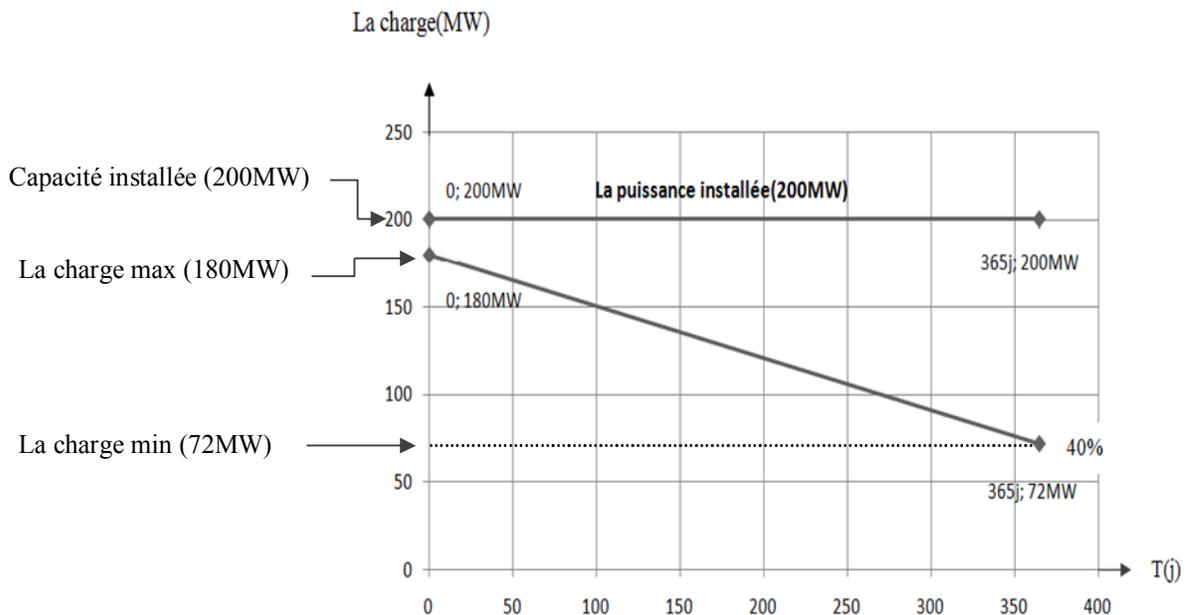


Figure 3.2 : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximal 180 MW)

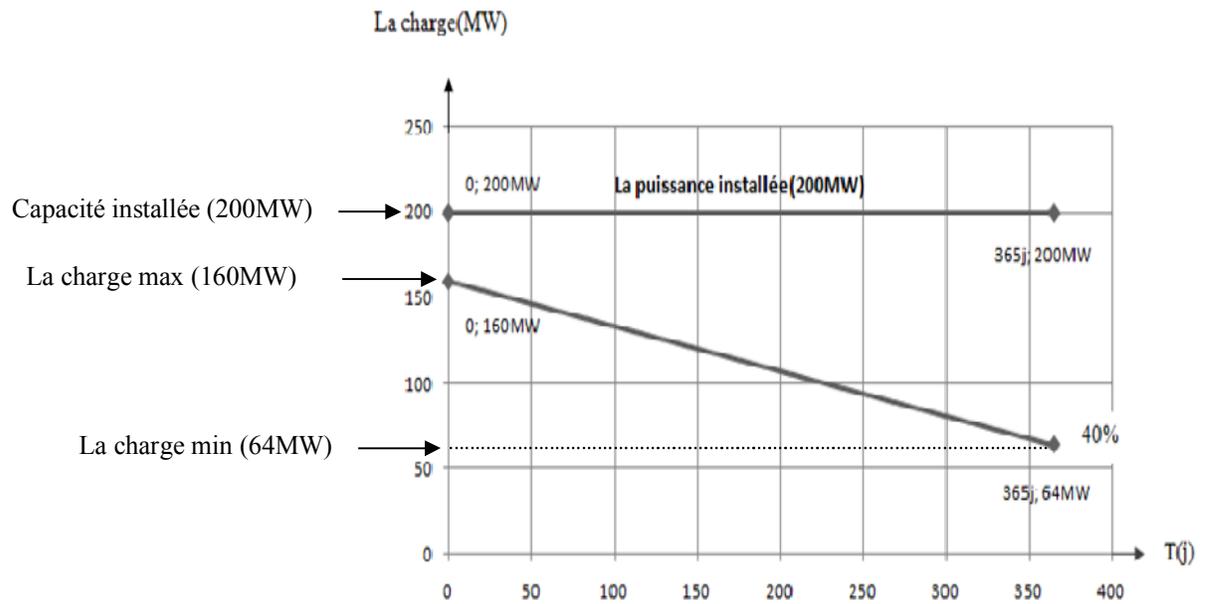


Figure 3.3 : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximal 160 MW)

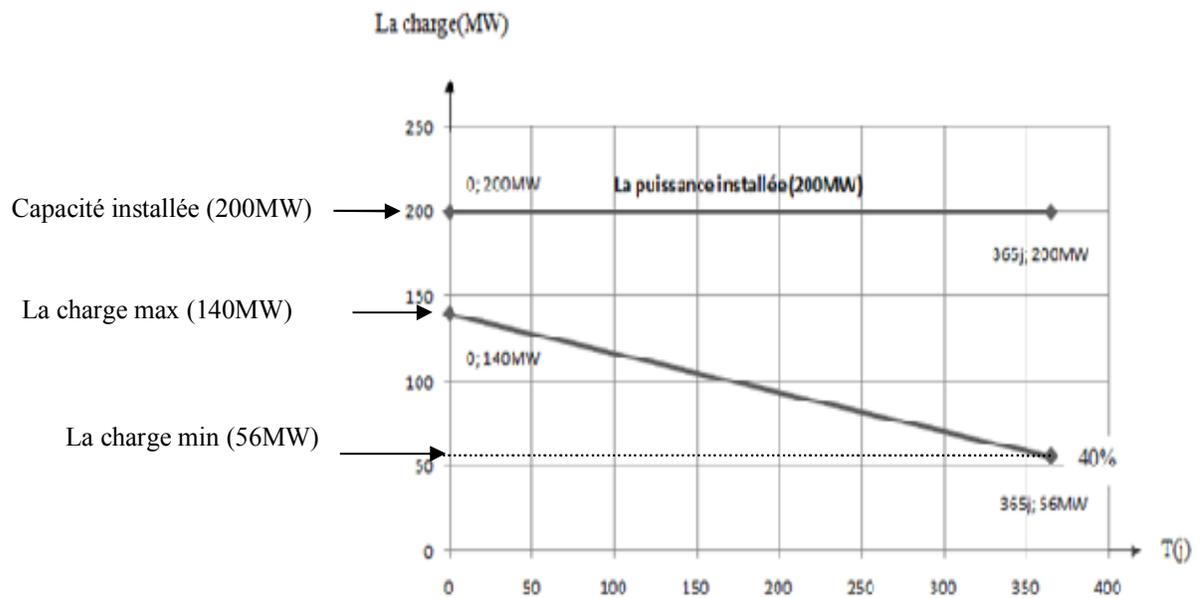


Figure 3.4 : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximal 140 MW)

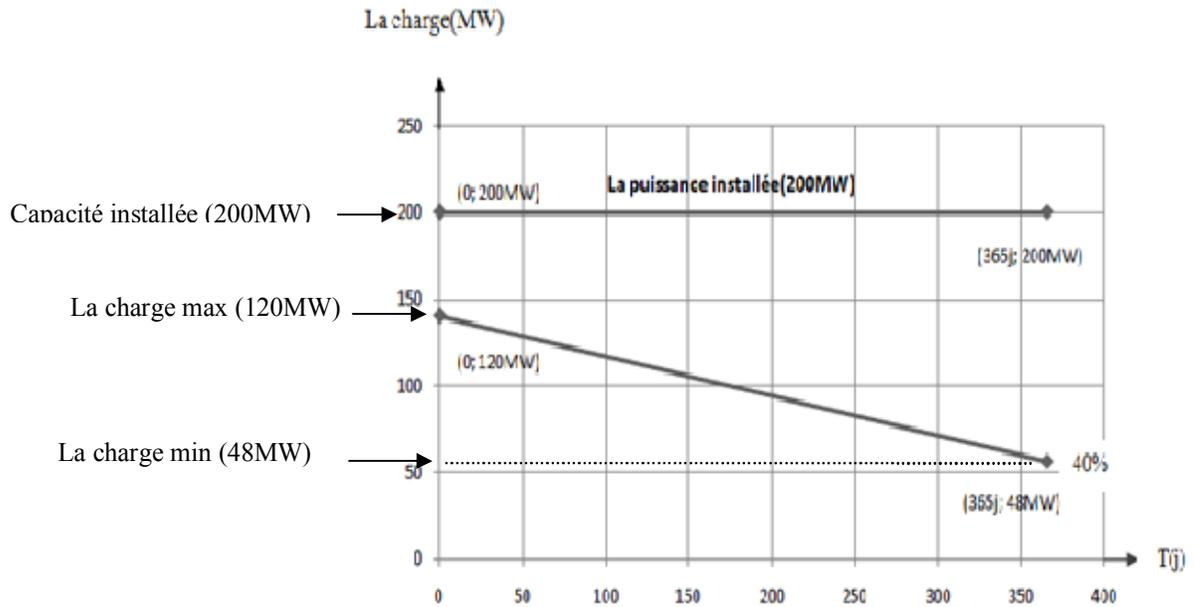


Figure 3.5 : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximal 120 MW)

### 3.4-Application des théories sur de différents cas de figure :

#### 3.4.1-Effet du nombre d'unité de la centrale électrique sur de la probabilité:

Dans cette section de la thèse le calcul de la probabilité est effectué pour les différentes sorties possible du système déjà appelé états du système. Le calcul est achevé sur quatre cas de figure comme indiquer sur le tableau 3.1.

##### 3.4.1.1-Premier cas de figure : Central a deux (02) Générateurs:

On considère une central électrique de puissance installer de 200MW former de deux générateurs de puissance 100MW chacun. Par application des théories introduit au chapitre précédant, l'analyse et le calcul de la probabilité est représenté sur le tableau correspondant.

Le nombre des états  $2^n$  pour un system de deux unités (deux générateurs) est de 04 états ( $2^2=4$ ).

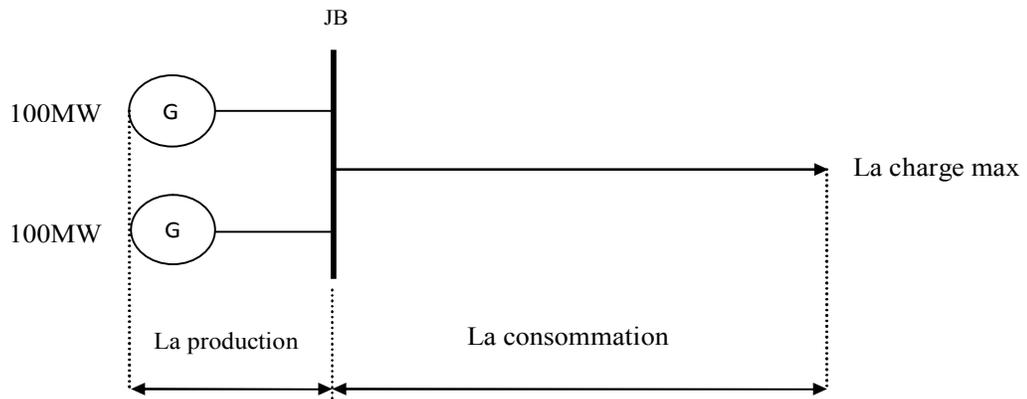


Figure 3.6 : système composé de deux générateurs

- Probabilité  $L_j$  :

$$P_{L_j} = \frac{\text{la puissance installée} - \text{capacité on service}}{\text{la charge maximale} - \text{la charge minimale}}$$

- Probabilité de panne :

$$P_{\text{de panne}} = \text{Probabilité } L_j \times \text{Probabilité individuel}$$

3.4.1.1.1- probabilité à l'état la charge max 180MW:

Tableau 3.2 : Probabilité individuel du système a 2 générateurs

2G		Capacité On panne (MW)	Capacité on service (MW)	Probabilité individuel	Probabilité de panne	Taux de départ	Fréquence	Probabilité $L_j$	Fréquence de panne
G1	G2								
0	0	0	200	0.960400	0.000000	0.02	0.019208	0.000000	0.000000
0	1	100	100	0.038400	0.000400	0.50	0.019200	0.925925	0.017777
1	0	100	100	0.038400	0.035555	0.50	0.019200	0.925925	0.017777
1	1	200	0	0.000400	0.000400	0.98	0.003920	1.000000	0.00392

Sur le tableau ci-dessus les deux premières colonnes représente l'état de chaque générateurs la deuxième et les troisièmes colonnes représente les capacités résultante des cas

de panne et de service de chaque états du système, tandis que la quatrième colonne représente la probabilité calculée pour chaque états du système. Cette lecture du tableau est la même pour toute la section.

### 3.4.1.1.2- probabilité à l'état de la charge max 160MW:

**Tableau 3.3 :** Probabilité individuel du système a 2 générateurs

2G		Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuel	Probabilité L j	Probabilité de panne	Taux de départ	Fréquence	Fréquence de panne
G1	G2								
0	0	0	200	0.960400	0.000000	0.000000	0.02	0.019208	0.000000
0	1	100	100	0.038400	1.000000	0.038400	0.50	0.019200	0.019200
1	0	100	100	0.038400	1.000000	0.038400	0.50	0.019200	0.019200
1	1	200	0	0.000400	1.000000	0.038400	0.98	0.003920	0.019200

### 3.4.1.1.3- probabilité à l'état de la charge max 140MW:

**Tableau 3.4 :** Probabilité individuel du système a 2 générateurs

2G		Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuel	Probabilité L j	Probabilité de panne	Taux de départ	Fréquence	Fréquence de panne
G1	G2								
0	0	0	200	0.960400	0.000000	0.000000	0.02	0.019208	0.000000
0	1	100	100	0.038400	1.000000	0.038400	0.50	0.019200	0.019200
1	0	100	100	0.038400	1.000000	0.038400	0.50	0.019200	0.019200
1	1	200	0	0.000400	1.000000	0.000400	0.98	0.003920	0.019200

### 3.4.1.1.4- probabilité à l'état la charge max 120MW:

**Tableau 3.5 :** Probabilité individuel du système à 2 générateurs la charge MAX 120MW

2G		Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuel	Probabilité L j	Probabilité de panne	Taux de départ	Fréquence	Fréquence de panne
G1	G2								
0	0	0	200	0.960400	0.000000	0.000000	0.02	0.019208	0.000000
0	1	100	100	0.038400	1.000000	0.038400	0.50	0.019200	0.019200
1	0	100	100	0.038400	1.000000	0.038400	0.50	0.019200	0.019200
1	1	200	0	0.000400	1.000000	0.000400	0.98	0.003920	0.019200

### 3.4.1.2-Deuxième cas de figure : Central à trois (03) Générateurs:

On considère une centrale électrique de puissance installée de 200MW formée de trois générateurs de puissance respectivement 50MW, 50MW et 100MW. Par application des théories introduites au chapitre précédent, l'analyse et le calcul de la probabilité est représenté sur les tableaux correspondants.

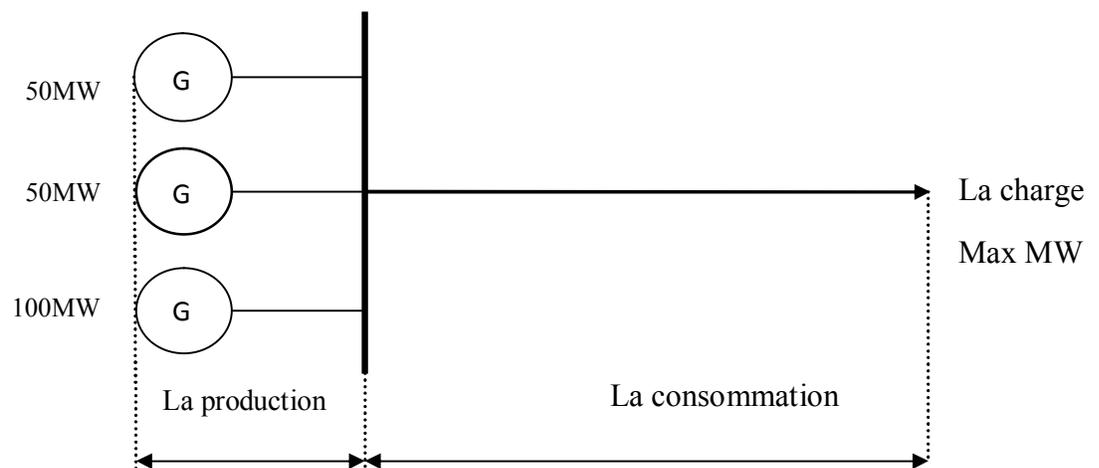


Figure 3.7 : système composé de trois générateurs

### 3. 4.1.2.1-la probabilité à l'état de la charge max 180MW:

**Tableau 3.6 :** Probabilité individuel du système a 3 générateurs pour la charge MAX 180MW

Etat N°	3G			Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuel	Probabilité L j	Probabilité de panne	Taux de départ	f	f Panne
	G1	G2	G3								
1	0	0	0	0	200	0.941192	0.000000	0.000000	0.03	0.028235	0.000000
2	0	0	1	100	100	0.019208	0.925925	0.017785	0.51	0.009796	0.009070
3	0	1	0	50	150	0.019208	0.462962	0.008892	0.51	0.009796	0.004535
4	0	1	1	150	50	0.000392	1.000000	0.000392	0.99	0.000388	0.000388
5	1	0	0	50	150	0.019208	0.462962	0.008892	0.51	0.000368	0.000170
6	1	0	1	150	50	0.000392	1.000000	0.000392	0.99	0.000388	0.000388
8	1	1	0	100	100	0.000392	0.925925	0.000392	0.99	0.916665	0.848776
	1	1	1	200	0	0.000008	1.000000	0.000008	1.47	0.000011	0.000011

### 3. 4.1.2.2-la probabilité à l'état la charge max 160MW:

**Tableau.3.7:** Probabilité individuel du système a 3 générateurs pour la charge MAX 160MW

3G			Capacité On panne (MW)	Capacité on service (MW)	Probabilité individuel	Probabilité L j	Probabilité de panne	Taux de départ	f	F de panne
G 1	G 2	G 3								
0	0	0	0	200	0.941192	0.000000	0.000000	0.03	0.028235	0.000000
0	0	1	100	100	0.019208	1.000000	0.019208	0.51	0.009796	0.009796
0	1	0	50	150	0.019208	0.520883	0.010005	0.51	0.009796	0.009796
0	1	1	150	50	0.000392	1.000000	0.000392	0.99	0.000388	0.000388
1	0	0	50	150	0.019208	0.520883	0.010005	0.51	0.009796	0.005102
1	0	1	150	50	0.000392	1.000000	0.000392	0.99	0.000388	0.000388
1	1	0	100	100	0.000392	1.000000	0.000392	0.99	0.000388	0.000388
1	1	1	200	0	0.000008	1.000000	0.000008	1.47	0.000011	0.000011

**3. 4.1.2.3-la probabilité à l'état de la charge max 140MW:****Tableau.3.8:** Probabilité individuel du système a 3 générateurs pour la charge MAX 140MW

3G			Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuel	Probabilité L j	Probabilité de panne	Taux de départ	f	f <sub>p</sub>
G 1	G 2	G 3								
0	0	0	0	200	0.941192	0.000000	0.000000	0.03	0.028235	0.000000
0	0	1	100	100	0.019208	1.000000	0.019208	0.51	0.009796	0.009796
0	1	0	50	150	0.019208	0.595238	0.011433	0.51	0.009796	0.005830
0	1	1	150	50	0.000392	1.000000	0.000392	0.99	0.000388	0.000388
1	0	0	50	150	0.019208	0.595238	0.595238	0.51	0.000368	0.000211
1	0	1	150	50	0.000392	1.000000	0.000392	0.99	0.000388	0.000388
1	1	0	100	100	0.000392	1.000000	0.000392	0.99	0.916665	0.916665
1	1	1	200	0	0.000008	1.000000	0.000008	1.47	0.000011	0.000011

**3. 4.1.2.4-la probabilité à l'état de la charge max 120MW:****Tableau.3.9:** Probabilité individuel du système a 3 générateurs pour la charge MAX120MW

3G			Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuel	Probabilité L j	Probabilité de panne	Taux de départ	f	f <sub>p</sub>
G 1	G 2	G 3								
0	0	0	0	200	0.941192	0.000000	0.000000	0.03	0.028235	0.000000
0	0	1	100	100	0.019208	1	0.019208	0.51	0.009796	0.009796
0	1	0	50	150	0.019208	0.694444	0.013338	0.51	0.009796	0.006802
0	1	1	150	50	0.000392	1	0.000392	0.99	0.000388	0.000388
1	0	0	50	150	0.019208	0.694444	0.013338	0.51	0.000368	0.000255
1	0	1	150	50	0.000392	1	0.000392	0.99	0.000388	0.000388
1	1	0	100	100	0.000392	1	0.000392	0.99	0.916665	0.916665
1	1	1	200	0	0.000008	1	0.000008	1.47	0.000011	0.000011

### 3.4.1.3. Troisième cas de figure : Central à quatre (04) Générateurs:

On considère une centrale électrique de puissance installée de 200MW formé de quatre générateurs de puissance 50MW pour chacun. Par application des théories introduit au chapitre précédant, l'analyse et le calcul de la probabilité est représenté sur le tableau correspondant.

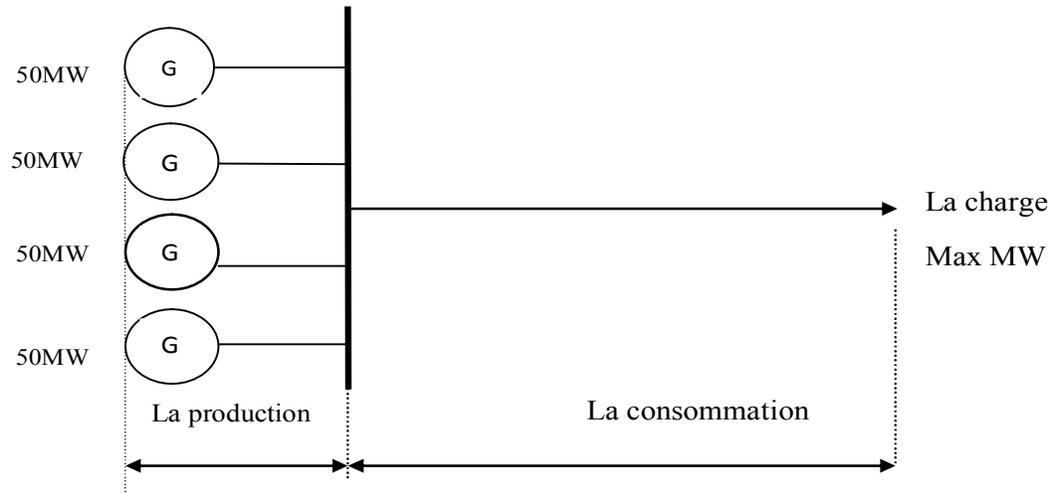


Figure 3.8 : système composé de quatre générateurs

## 3.4.1.3.1-la probabilité à l'état de la charge max 180MW:

Tableau.3.10: Probabilité individuel du système a quatre générateurs pour la charge MAX 180MW

Les états	4G				Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuel	Probabilité L <sub>j</sub>	Probabilité de panne	Taux de départ	Fréquence	Fréquence de panne
	G1	G2	G3	G4								
1	0	0	0	0	0	200	0.922368	0.000000	0.000000	0.05	0.0461184	0.000000
2	0	0	0	1	50	150	0.018823	0.462962	0.008714	0.52	0.009787	0.004531
3	0	0	1	0	50	150	0.018823	0.462962	0.008714	0.52	0.009787	0.004531
4	0	0	1	1	100	100	0.000384	0.925925	0.000355	1	0.000384	0.000355
5	0	1	0	0	50	150	0.018823	0.462962	0.008714	0.52	0.009787	0.004531
6	0	1	0	1	100	100	0.000384	0.925925	0.000355	1	0.000384	0.000355
7	0	1	1	0	100	100	0.000384	0.925925	0.000355	1	0.000384	0.000355
8	0	1	1	1	150	50	0.000007	1.000000	0.000007	1.48	0.000010	0.000010
9	1	0	0	0	50	150	0.018823	0.462962	0.008714	0.52	0.009787	0.004531
10	1	0	0	1	100	100	0.000384	0.925925	0.000355	1	0.000384	0.000355
11	1	0	1	0	100	100	0.000384	0.925925	0.000355	1	0.000384	0.000355
12	1	0	1	1	150	50	0.000007	1.000000	0.000007	1.48	0.000010	0.000010
13	1	1	0	0	100	100	0.000384	0.925925	0.000355	1	0.000384	0.000355
14	1	1	0	1	150	50	0.000007	1.000000	0.000007	1.48	0.000010	0.000010
15	1	1	1	0	150	50	0.000007	1.000000	0.000007	1.48	0.000010	0.000010
16	1	1	1	1	200	0	0.000000	1.000000	0.000000	1.96	0.000000	0.000000

## 3.4.1.3.2-la probabilité à l'état de la charge max 160MW:

Tableau.3.11: Probabilité individuel du système a quatre générateurs pour la charge MAX 160MW

Les états	4G				Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuel	Probabilité L <sub>j</sub>	Probabilité de panne	Taux de départ	Fréquence	Fréquence de panne
	G1	G2	G3	G4								
1	0	0	0	0	0	200	0.922368	0.000000	0.000000	0.05	0.0461184	0.000000
2	0	0	0	1	50	150	0.018823	0.520833	0.009803	0.52	0.009787	0.005097
3	0	0	1	0	50	150	0.018823	0.520833	0.009803	0.52	0.009787	0.005097
4	0	0	1	1	100	100	0.000384	1.000000	0.000384	1	0.000384	0.000384
5	0	1	0	0	50	150	0.018823	0.520833	0.009803	0.52	0.009787	0.005097
6	0	1	0	1	100	100	0.000384	1.000000	0.000384	1	0.000384	0.000384
7	0	1	1	0	100	100	0.000384	1.000000	0.000384	1	0.000384	0.000384
8	0	1	1	1	150	50	0.000007	1.000000	0.000007	1.48	0.000010	0.000010
9	1	0	0	0	50	50	0.018823	0.520833	0.009803	0.52	0.009787	0.005097
10	1	0	0	1	100	100	0.000384	1.000000	0.000384	1	0.000384	0.000384
11	1	0	1	0	100	100	0.000384	1.000000	0.000384	1	0.000384	0.000384
12	1	0	1	1	150	50	0.000007	1.000000	0.000007	1.48	0.000010	0.000010
13	1	1	0	0	100	100	0.000384	1.000000	0.000384	1	0.000384	0.000384
14	1	1	0	1	150	50	0.000007	1.000000	0.000007	1.48	0.000010	0.000010
15	1	1	1	0	150	50	0.000007	1.000000	0.000007	1.48	0.000010	0.000010
16	1	1	1	1	200	0	0.000000	1.000000	0.000000	1.96	0.000000	0.000000

## 3.4.1.3.3-la probabilité à l'état de la charge max 140MW:

Tableau.3.12: Probabilité individuel du système a quatre générateurs pour la charge MAX 140MW

Les états	4G				Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuel	Probabilité Lj	Probabilité de panne	Taux de départ	Fréquence	Fréquence de panne
	G1	G2	G3	G4								
1	0	0	0	0	0	200	0.922368	0.000000	0.000000	0.05	0.0461184	0.000000
2	0	0	0	1	50	150	0.018823	0.595238	0.011204	0.52	0.009787	0.005825
3	0	0	1	0	50	150	0.018823	0.595238	0.011204	0.52	0.009787	0.005825
4	0	0	1	1	100	100	0.000384	1.000000	0.000384	1	0.000384	0.000384
5	0	1	0	0	50	150	0.018823	0.595238	0.011204	0.52	0.009787	0.005825
6	0	1	0	1	100	100	0.000384	1.000000	0.000384	1	0.000384	0.000384
7	0	1	1	0	100	100	0.000384	1.000000	0.000384	1	0.000384	0.000384
8	0	1	1	1	150	50	0.000007	1.000000	0.000007	1.48	0.000010	0.000010
9	1	0	0	0	50	50	0.018823	0.595238	0.011204	0.52	0.009787	0.005825
10	1	0	0	1	100	100	0.000384	1.000000	0.000384	1	0.000384	0.000384
11	1	0	1	0	100	100	0.000384	1.000000	0.000384	1	0.000384	0.000384
12	1	0	1	1	150	50	0.000007	1.000000	0.000007	1.48	0.000010	0.000010
13	1	1	0	0	100	100	0.000384	1.000000	0.000384	1	0.000384	0.000384
14	1	1	0	1	150	50	0.000007	1.000000	0.000007	1.48	0.000010	0.000010
15	1	1	1	0	150	50	0.000007	1.000000	0.000007	1.48	0.000010	0.000010
16	1	1	1	1	200	0	0.000000	1.000000	0.000000	1.96	0.000000	0.000000

## 3.4.1.3.4-la probabilité à l'état de la charge max 120MW:

Tableau.3.13: Probabilité individuel du système a quatre générateurs pour la charge MAX 120MW

Les états	4G				Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuel	Probabilité L <sub>j</sub>	Probabilité de panne	Taux de départ	Fréquence	Fréquence de panne
	G1	G2	G3	G4								
1	0	0	0	0	0	200	0.922368	0.000000	0.000000	0.05	0.0461184	0.000000
2	0	0	0	1	50	150	0.018823	0.694444	0.013071	0.52	0.009787	0.006796
3	0	0	1	0	50	150	0.018823	0.694444	0.013071	0.52	0.009787	0.006796
4	0	0	1	1	100	100	0.000384	1.000000	0.000384	1	0.000384	0.000384
5	0	1	0	0	50	150	0.018823	0.694444	0.013071	0.52	0.009787	0.006796
6	0	1	0	1	100	100	0.000384	1.000000	0.000384	1	0.000384	0.000384
7	0	1	1	0	100	100	0.000384	1.000000	0.000384	1	0.000384	0.000384
8	0	1	1	1	150	50	0.000007	1.000000	0.000007	1.48	0.000010	0.000010
9	1	0	0	0	50	50	0.018823	0.694444	0.013071	0.52	0.009787	0.006796
10	1	0	0	1	100	100	0.000384	1.000000	0.000384	1	0.000384	0.000384
11	1	0	1	0	100	100	0.000384	1.000000	0.000384	1	0.000384	0.000384
12	1	0	1	1	150	50	0.000007	1.000000	0.000007	1.48	0.000010	0.000010
13	1	1	0	0	100	100	0.000384	1.000000	0.000384	1	0.000384	0.000384
14	1	1	0	1	150	50	0.000007	1.000000	0.000007	1.48	0.000010	0.000010
15	1	1	1	0	150	50	0.000007	1.000000	0.000007	1.48	0.000010	0.000010
16	1	1	1	1	200	0	0.000000	1.000000	0.000000	1.96	0.000000	0.000000

#### 3.4.1.4-Quatrième cas de figure : Central à cinq (05) Générateurs:

On considère une centrale électrique de puissance installée de 200MW formé de quatre générateurs de puissance 40MW pour chacun. Par application des théories introduit au chapitre précédent, l'analyse et le calcul de la probabilité est représenté sur le tableau correspondant.

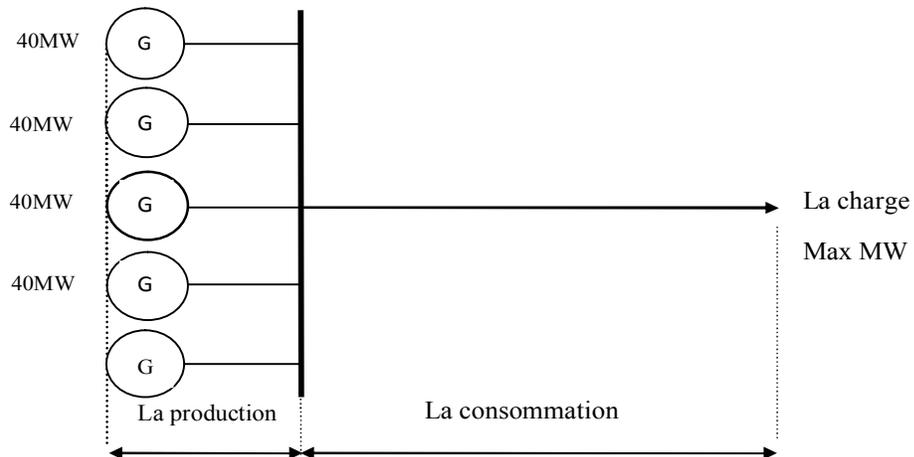


Figure 3.9: système composé de cinq générateurs

## 3.4.1.4.1- la probabilité à l'état de la charge max 180MW:

Tableau.3.14: Probabilité individuel du système a cinq générateurs pour la charge MAX 180MW

Etat N°	5G					C /en panne	C/EN service	P in	P L j	P panne	Taux de départ	fréquence	f de panne
	G1	G2	G3	G4	G5								
1	0	0	0	0	0	0	200	0.903920	0.000000	0.000000	0.05	0.045196	0.000000
2	0	0	0	0	1	40	160	0.018447	0.370370	0.006832	0.53	0.009776	0.003628
3	0	0	0	1	0	40	160	0.018447	0.370370	0.006832	0.53	0.009776	0.003628
4	0	0	0	1	1	80	120	0.000376	0.740740	0.000278	1.01	0.000379	0.000280
5	0	0	1	0	0	40	160	0.018447	0.370370	0.006832	0.53	0.009776	0.003628
6	0	0	1	0	1	80	120	0.000376	0.740740	0.000278	1.01	0.000379	0.000280
7	0	0	1	1	0	80	120	0.000376	0.740740	0.000278	1.01	0.000379	0.000280
8	0	0	1	1	1	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
9	0	1	0	0	0	40	160	0.018447	0.370370	0.006832	0.53	0.009776	0.003628
10	0	1	0	0	1	80	120	0.000376	0.740740	0.000278	1.01	0.000379	0.000280
11	0	1	0	1	0	80	120	0.000376	0.740740	0.000376	1.01	0.000379	0.000280
12	0	1	0	1	1	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
13	0	1	1	0	0	80	120	0.000376	0.740740	0.000278	1.01	0.000379	0.000280
14	0	1	1	0	1	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
15	0	1	1	1	0	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
16	0	1	1	1	1	160	40	0.000000	1.000000	0.000000	1.97	0.000000	0.000000
17	1	0	0	0	0	40	160	0.018447	0.370370	0.006832	0.53	0.009776	0.003628
18	1	0	0	0	1	80	120	0.000376	0.740740	0.000278	1.01	0.000379	0.000280
19	1	0	0	1	0	80	120	0.000376	0.740740	0.000278	1.01	0.000379	0.000280
20	1	0	0	1	1	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
21	1	0	1	0	0	80	120	0.000376	0.740740	0.000278	1.01	0.000379	0.000280
22	1	0	1	0	1	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
23	1	0	1	1	0	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
24	1	0	1	1	1	160	40	0.000000	1.000000	0.000000	1.97	0.000000	0.000000
25	1	1	0	0	0	80	120	0.000376	0.740740	0.000278	1.01	0.000379	0.000280
26	1	1	0	0	1	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
27	1	1	0	1	0	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
28	1	1	0	1	1	160	40	0.000000	1.000000	0.000000	1.97	0.000000	0.000000
29	1	1	1	0	0	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
30	1	1	1	0	1	160	40	0.000000	1.000000	0.000000	1.97	0.000000	0.000000
31	1	1	1	1	0	160	40	0.000000	1.000000	0.000000	1.97	0.000000	0.000000
32	1	1	1	1	1	200	0	0.000000	1.000000	0.000000	2.45	0.000000	0.000000

## 3.4.1.4.2- la probabilité à l'état de la charge max 160MW:

Tableau.3.15: Probabilité individuel du système a cinq générateurs pour la charge MAX 160MW

Etat N°	5G					C /en panne	C/EN service	P in	P L j	P de panne	Taux de départ	fréquence	f de panne
	G1	G2	G3	G4	G5								
1	0	0	0	0	0	0	200	0.903920	0.000000	0.000000	0.05	0.045196	0.000000
2	0	0	0	0	1	40	160	0.018447	0.416666	0.007686	0.53	0.009776	0.004073
3	0	0	0	1	0	40	160	0.018447	0.416666	0.007686	0.53	0.009776	0.004073
4	0	0	0	1	1	80	120	0.000376	0.833333	0.000313	1.01	0.000379	0.000315
5	0	0	1	0	0	40	160	0.018447	0.416666	0.007686	0.53	0.009776	0.004073
6	0	0	1	0	1	80	120	0.000376	0.833333	0.000313	1.01	0.000379	0.000315
7	0	0	1	1	0	80	120	0.000376	0.833333	0.000313	1.01	0.000379	0.000315
8	0	0	1	1	1	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
9	0	1	0	0	0	40	160	0.018447	0.416666	0.007686	0.53	0.009776	0.004073
10	0	1	0	0	1	80	120	0.000376	0.833333	0.000313	1.01	0.000379	0.000315
11	0	1	0	1	0	80	120	0.000376	0.833333	0.000313	1.01	0.000379	0.000315
12	0	1	0	1	1	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
13	0	1	1	0	0	80	120	0.000376	0.833333	0.000313	1.01	0.000379	0.000315
14	0	1	1	0	1	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
15	0	1	1	1	0	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
16	0	1	1	1	1	160	40	0.000000	1.000000	0.000000	1.97	0.000000	0.000000
17	1	0	0	0	0	40	160	0.018447	0.416666	0.007686	0.53	0.009776	0.004073
18	1	0	0	0	1	80	120	0.000376	0.833333	0.000313	1.01	0.000379	0.000315
19	1	0	0	1	0	80	120	0.000376	0.833333	0.000313	1.01	0.000379	0.000315
20	1	0	0	1	1	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
21	1	0	1	0	0	80	120	0.000376	0.833333	0.000313	1.01	0.000379	0.000315
22	1	0	1	0	1	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
23	1	0	1	1	0	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
24	1	0	1	1	1	160	40	0.000000	1.000000	0.000000	1.97	0.000000	0.000000
25	1	1	0	0	0	80	120	0.000376	0.833333	0.000313	1.01	0.000379	0.000315
26	1	1	0	0	1	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
27	1	1	0	1	0	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
28	1	1	0	1	1	160	40	0.000000	1.000000	0.000000	1.97	0.000000	0.000000
29	1	1	1	0	0	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
30	1	1	1	0	1	160	40	0.000000	1.000000	0.000000	1.97	0.000000	0.000000
31	1	1	1	1	0	160	40	0.000000	1.000000	0.000000	1.97	0.000000	0.000000
32	1	1	1	1	1	200	0	0.000000	1.000000	0.000000	2.45	0.000000	0.000000

## 3.4.1.4.3- la probabilité à l'état de la charge max 140MW:

Tableau.3.16: Probabilité individuel du système a cinq générateurs pour la charge MAX 140MW

Etat N°	5G					C /en panne	C/EN service	P in	P L j	P De panne	Taux de départ	fréquence	f de panne
	G1	G2	G3	G4	G5								
1	0	0	0	0	0	0	200	0.903920	0.000000	0.000000	0.05	0.045196	0.000000
2	0	0	0	0	1	40	160	0.018447	0.476190	0.008784	0.53	0.009776	0.004655
3	0	0	0	1	0	40	160	0.018447	0.476190	0.008784	0.53	0.009776	0.004655
4	0	0	0	1	1	80	120	0.000376	0.952380	0.000358	1.01	0.000379	0.00036
5	0	0	1	0	0	40	160	0.018447	0.476190	0.008784	0.53	0.009776	0.004655
6	0	0	1	0	1	80	120	0.000376	0.952380	0.000358	1.01	0.000379	0.000360
7	0	0	1	1	0	80	120	0.000376	0.952380	0.000358	1.01	0.000379	0.000360
8	0	0	1	1	1	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
9	0	1	0	0	0	40	160	0.018447	0.476190	0.008784	0.53	0.009776	0.004655
10	0	1	0	0	1	80	120	0.000376	0.952380	0.000358	1.01	0.000379	0.000360
11	0	1	0	1	0	80	120	0.000376	0.952380	0.000358	1.01	0.000379	0.000360
12	0	1	0	1	1	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
13	0	1	1	0	0	80	120	0.000376	0.952380	0.000358	1.01	0.000379	0.000360
14	0	1	1	0	1	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
15	0	1	1	1	0	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
16	0	1	1	1	1	160	40	0.000000	1.000000	0.000000	1.97	0.000000	0.000000
17	1	0	0	0	0	40	160	0.018447	0.476190	0.008784	0.53	0.009776	0.004655
18	1	0	0	0	1	80	120	0.000376	0.952380	0.000358	1.01	0.000379	0.000360
19	1	0	0	1	0	80	120	0.000376	0.952380	0.000358	1.01	0.000379	0.000360
20	1	0	0	1	1	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
21	1	0	1	0	0	80	120	0.000376	0.952380	0.000358	1.01	0.000379	0.000360
22	1	0	1	0	1	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
23	1	0	1	1	0	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
24	1	0	1	1	1	160	40	0.000000	1.000000	0.000000	1.97	0.000000	0.000000
25	1	1	0	0	0	80	120	0.000376	0.952380	0.000358	1.01	0.000379	0.000360
26	1	1	0	0	1	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
27	1	1	0	1	0	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
28	1	1	0	1	1	160	40	0.000000	1.000000	0.000000	1.97	0.000000	0.000000
29	1	1	1	0	0	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
30	1	1	1	0	1	160	40	0.000000	1.000000	0.000000	1.97	0.000000	0.000000
31	1	1	1	1	0	160	40	0.000000	1.000000	0.000000	1.97	0.000000	0.000000
32	1	1	1	1	1	200	0	0.000000	1.000000	0.000000	2.45	0.000000	0.000000

## 3.4.1.4.4- la probabilité à l'état de la charge max 120MW:

Tableau.3.17: Probabilité individuel du système a cinq générateurs pour la charge MAX 120MW

Etat N°	5G					C /en panne	C/EN service	P in	P L j	P de panne	Taux de départ	fréquence	f de panne
	G1	G2	G3	G4	G5								
1	0	0	0	0	0	0	200	0.903920	0.000000	0.000000	0.05	0.045196	0.000000
2	0	0	0	0	1	40	160	0.018447	0.555555	0.010248	0.53	0.009776	0.005442
3	0	0	0	1	0	40	160	0.018447	0.555555	0.010248	0.53	0.009776	0.005442
4	0	0	0	1	1	80	120	0.000376	1.000000	0.000376	1.01	0.000379	0.000379
5	0	0	1	0	0	40	160	0.018447	0.555555	0.010248	0.53	0.009776	0.005442
6	0	0	1	0	1	80	120	0.000376	1.000000	0.000376	1.01	0.000379	0.000379
7	0	0	1	1	0	80	120	0.000376	1.000000	0.000376	1.01	0.000379	0.000379
8	0	0	1	1	1	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
9	0	1	0	0	0	40	160	0.018447	0.555555	0.010248	0.53	0.009776	0.005442
10	0	1	0	0	1	80	120	0.000376	1.000000	0.000376	1.01	0.000379	0.000379
11	0	1	0	1	0	80	120	0.000376	1.000000	0.000376	1.01	0.000379	0.000379
12	0	1	0	1	1	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
13	0	1	1	0	0	80	120	0.000376	1.000000	0.000376	1.01	0.000379	0.000379
14	0	1	1	0	1	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
15	0	1	1	1	0	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
16	0	1	1	1	1	160	40	0.000000	1.000000	0.000000	1.97	0.000000	0.000000
17	1	0	0	0	0	40	160	0.018447	0.555555	0.010248	0.53	0.009776	0.005442
18	1	0	0	0	1	80	120	0.000376	1.000000	0.000376	1.01	0.000379	0.000379
19	1	0	0	1	0	80	120	0.000376	1.000000	0.000376	1.01	0.000379	0.000379
20	1	0	0	1	1	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
21	1	0	1	0	0	80	120	0.000376	1.000000	0.000376	1.01	0.000379	0.000379
22	1	0	1	0	1	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
23	1	0	1	1	0	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
24	1	0	1	1	1	160	40	0.000000	1.000000	0.000000	1.97	0.000000	0.000000
25	1	1	0	0	0	80	120	0.000376	1.000000	0.000376	1.01	0.000379	0.000379
26	1	1	0	0	1	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
27	1	1	0	1	0	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
28	1	1	0	1	1	160	40	0.000000	1.000000	0.000000	1.97	0.000000	0.000000
29	1	1	1	0	0	120	80	0.000007	1.000000	0.000007	1.49	0.000010	0.000010
30	1	1	1	0	1	160	40	0.000000	1.000000	0.000000	1.97	0.000000	0.000000
31	1	1	1	1	0	160	40	0.000000	1.000000	0.000000	1.97	0.000000	0.000000
32	1	1	1	1	1	200	0	0.000000	1.000000	0.000000	2.45	0.000000	0.000000

### 3.4.1.5-Discussion des résultats :

Dans l'analyse précédente et dans les quatre cas de figure de l'étude il peut être remarqué fortement que :

- ❖ Chaque fois le nombre des générateurs et augmenté Le nombre des états possible du système lui aussi augmente ce qui donne beaucoup plus de chance pour les états de bonne fonctionnement du système d'émerger, ce qui donne une grande marge de manœuvre pour les ingénieurs qui gère le système pour l'amener en bonne état de fonctionnement.
- ❖ Dans le système à deux générateurs la panne d'un seul générateur engendrera la perte de 50% de la production de la centrale électrique tandis que dans les autre cas il y a plus de chance de ne pas perdre cette quantité de production.
- ❖ Le résultat générale de cette étude dans cette section est que la qualité de service sera élevé a chaque fois le nombre d'unités opérationnel dans le système et élever, voir que l'ingénieur est limité aussi par la contrainte économique concernant le montant de l'investissement.

### 3.4.2- Effet de la variation de la charge sur le calcule de LOLE:

Dans cette section de l'application de la thèse le calcul de l'indice LOLE est effectuée pour les différents cas de figures concernant la configuration de la centrale électrique voir le changement du nombre d'unités installer dans le système, et dans chaque configuration la charge a été varier pour étudier l'influence sur l' LOLE. Voir le tableau 3.18.

Le calcule de l'indice LOLE est effectuer par application des théories introduite au deuxième chapitre, les résultats sont mentionner sur les tableaux ci-après.

- $LOLE = Probabilité\ individuel \times Temps(\%)$

**Tableau 3.18 :** Variation de la charge pour le calcul de LOLE

Les Centrale électrique	N° de l'état	La Charge Maximale(MW)	La Charge Minimal(MW)	La puissance Installée(MW)
2G /3G/4G/5G	N° 1	180MW	72MW	200MW
2G /3G/4G/5G	N° 2	160MW	64MW	
2G /3G/4G/5G	N° 3	140MW	56MW	
2G /3G/4G/5G	N° 4	120MW	48MW	

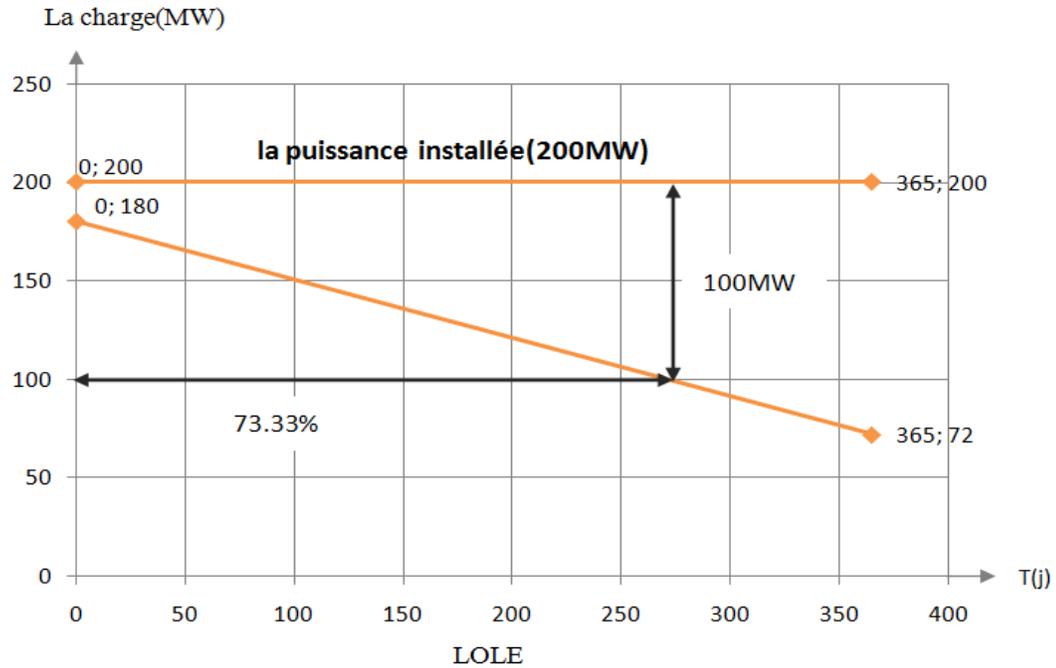
**3.4.2.1- Central a deux (02) Générateurs:**

✓ L'état N° 1 : centrale (2G) la charge max 180MW et la charge min 72MW

**3.4.2.1.1-LOLE à l'état la charge max 180MW et la charge min 72MW:****Tableau 3.19:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 180MW d'un système compose à deux générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.960400	-	-
100	100	0.039200	73.33%	2.874536
200	0	0.000400	100%	0.040000
				Total=2.914536

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 180MW à un minimum de 72 MW, comme représentée sur la **Figure 3.10**.



**Figure 3.10** : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximal 180 MW)

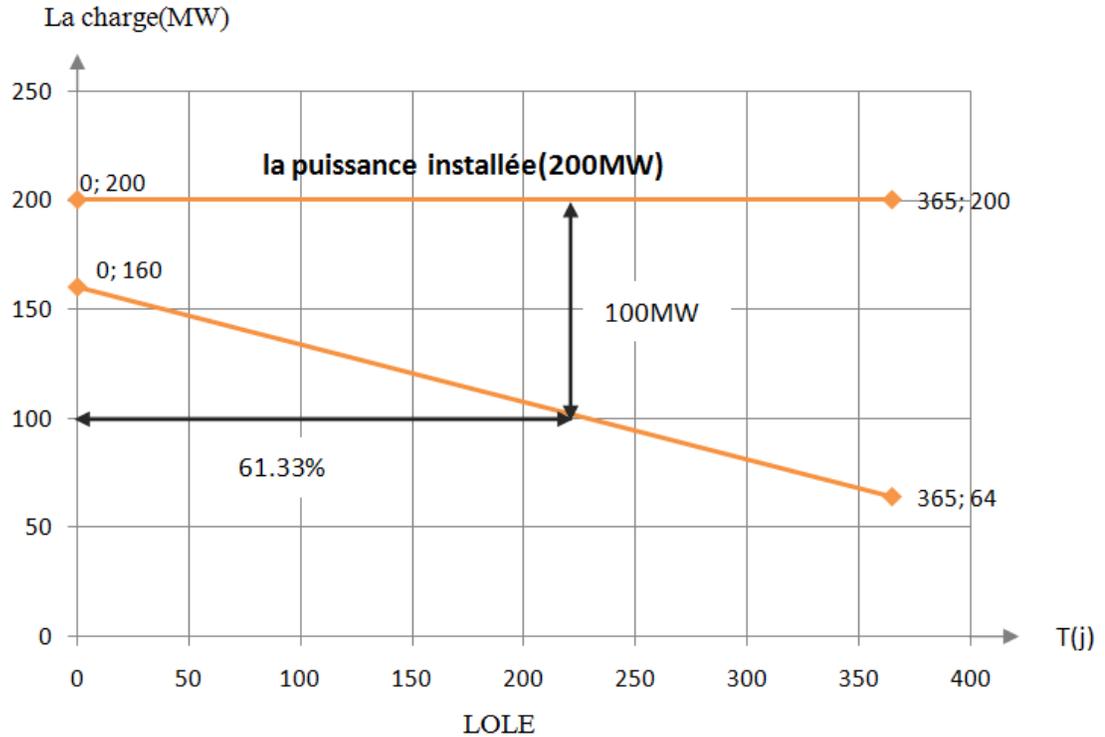
✓ L'état N° 2 : centrale (2G) la charge max 160MW et la charge min 64MW

#### 3.4.2.1.2-LOLE à l'état la charge max 160MW et la charge min 64MW:

**Tableau 3.20:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 160MW d'un système composé à deux générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.960400	-	-
100	100	0.039200	61.33%	2.404136
200	0	0.000400	100%	0.040000
				Total=2.808272

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 160MW à un minimum de 64 MW, comme représentée sur la **Figure 3.11**.



**Figure 3.11** : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximal 160 MW)

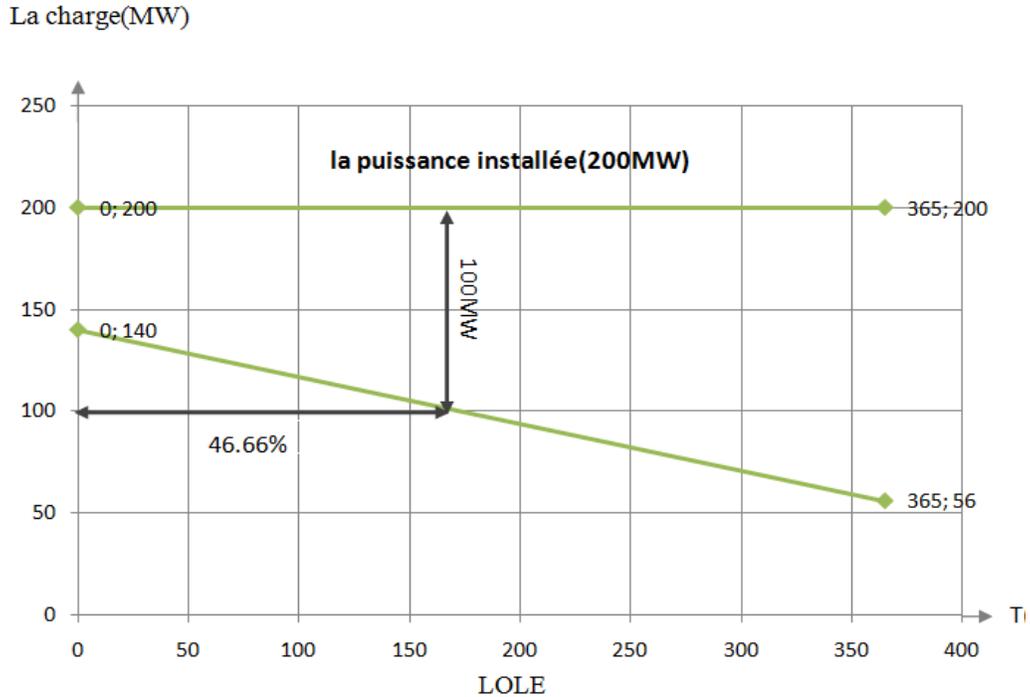
✓ L'état N° 3: centrale (2G) la charge max 140MW et la charge min 56MW

#### 3.4.2.1.3-LOLE à l'état la charge max 140MW et la charge min 56MW:

**Tableau 3.21:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 140MW d'un système composé à deux générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.960400	-	-
100	100	0.039200	46.66%	1.829072
200	0	0.000400	100%	0.040000

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 140 MW à un minimum de 56 MW, comme représentée sur la **Figure 3.12**.



**Figure 3.12 :** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximal 140 MW)

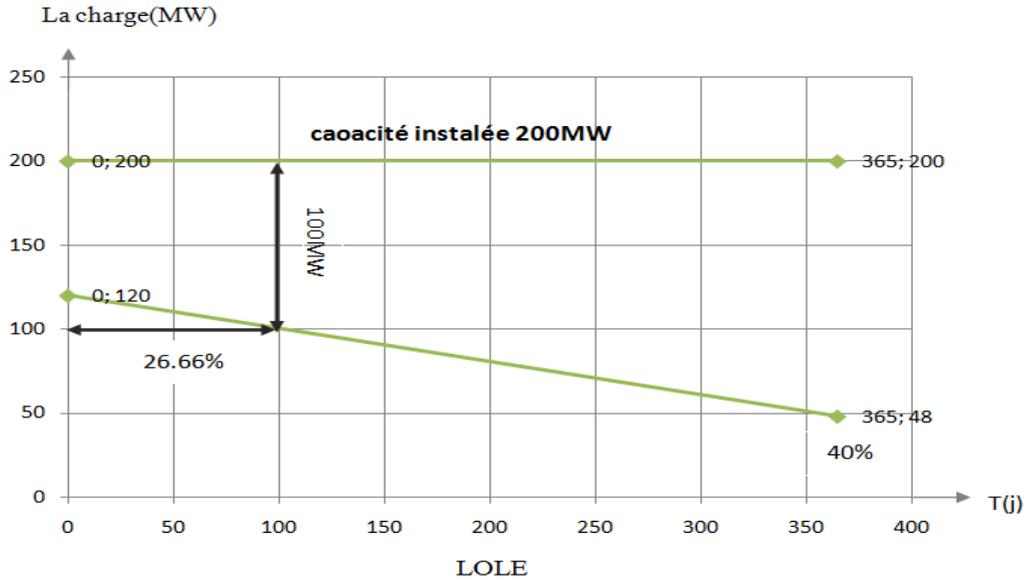
✓ L'état N° 4: centrale (2G) la charge max 120MW et la charge min 48MW

**3.4.2.1.4-LOLE à l'état la charge max 120MW et la charge min 48MW:**

**Tableau 3.22:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 120MW d'un système composé à deux générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.960400	-	-
100	100	0.039200	26.66%	1.045072
200	0	0.000400	100%	0.040000

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 120MW à un minimum de 48 MW, comme représentée sur la **Figure 3.13**.



**Figure 3.13** : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximal 120 MW)

**3.4.2.2- Central a trois (03) Générateurs:**

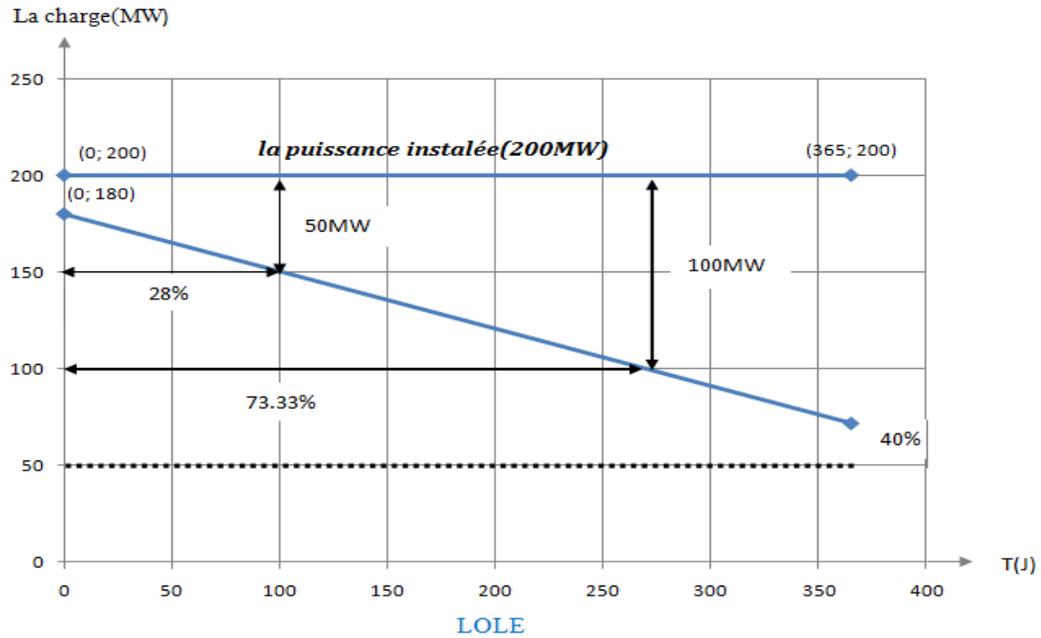
✓ L'état N° 1 : centrale (3G) la charge max 180MW et la charge min 72MW

**3.4.2.2.1- LOLE à l'état la charge max 180MW:**

**Tableau 3.23:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 180MW d'un système composé à trois générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.941192	-	-
50	150	0.038416	28%	1.075648
100	100	0.019600	73.33%	1.437268
150	50	0.000784	100%	0.078400
200	0	0.000008	100%	0.000800
				Total=2.591556

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 180 MW à un minimum de 72 MW, comme représentée sur la **Figure 3.14**.



**Figure 3.14** : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 180 MW)

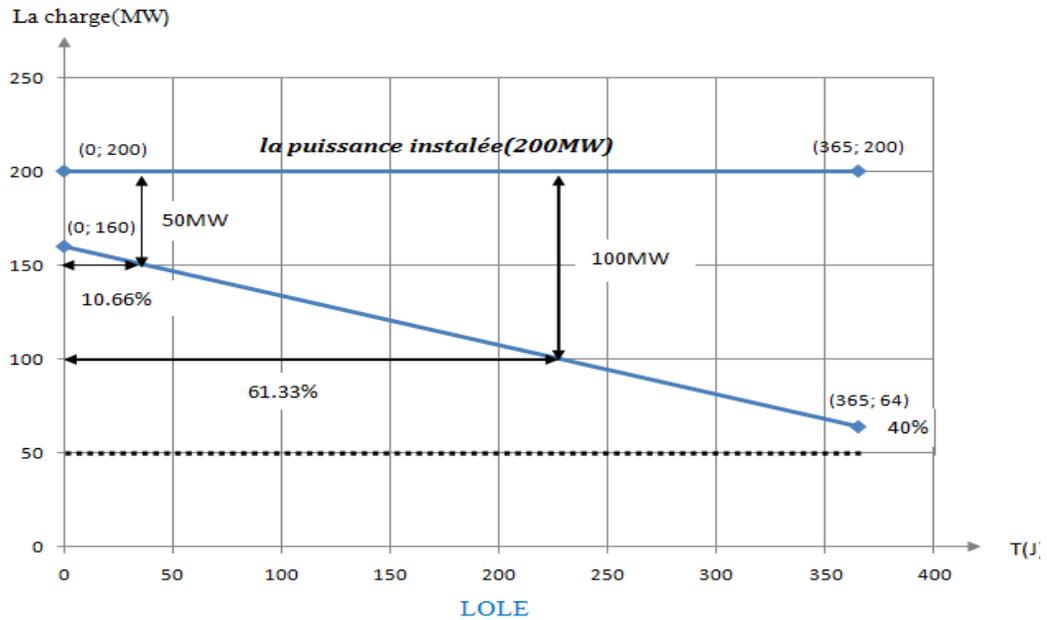
✓ L'état N° 2 : centrale (3G) la charge max 160MW et la charge min 64MW

**3.4.2.2.2- LOLE à l'état la charge max 160MW:**

**Tableau 3.24:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 160MW d'un système composé à trois générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.941192	-	-
50	150	0.038416	10.66%	0.409514
100	100	0.019600	61.33%	1.202068
150	50	0.000784	100%	0.078400
200	0	0.000008	100%	0.000800

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 160 MW à un minimum de 64 MW, comme représentée sur la **Figure 3.15**.



**Figure 3.15** : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximal 160 MW)

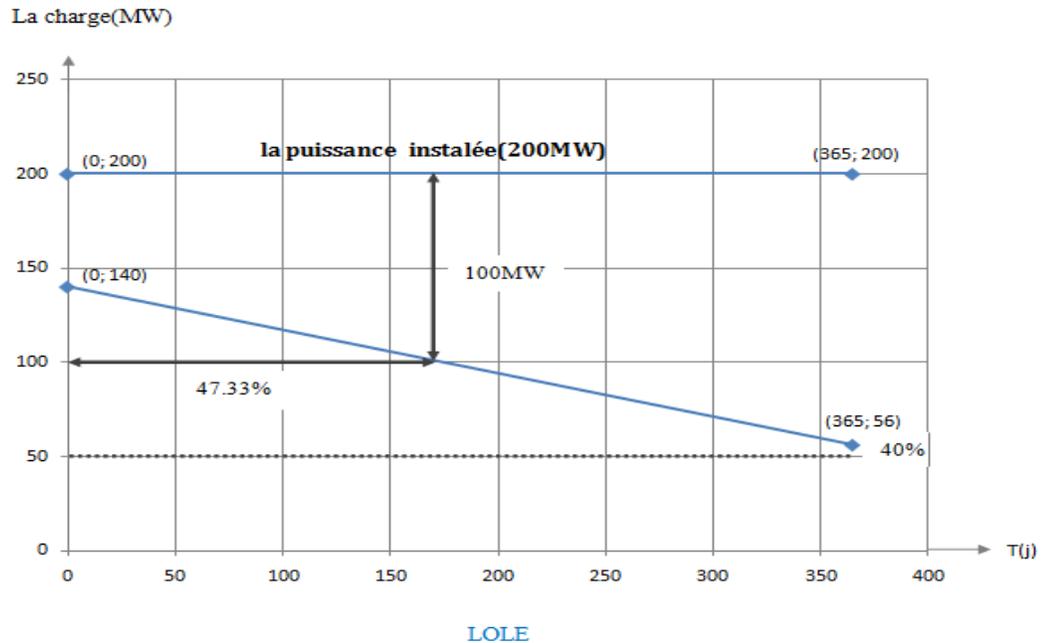
✓ L'état N° 3 : centrale (3G) la charge max 140MW et la charge min 56MW

#### 3.4.2.2.3- LOLE à l'état la charge max 140MW:

**Tableau 3.25:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 140MW d'un système composé à trois générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.941192	-	-
50	150	0.038416	-	-
100	100	0.019600	47.33%	0.927668
150	50	0.000784	100%	0.078400
200	0	0.000008	100%	0.000800

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 140 MW à un minimum de 56 MW, comme représentée sur la **Figure 3.16**.



**Figure 3.16** : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximal 140 MW)

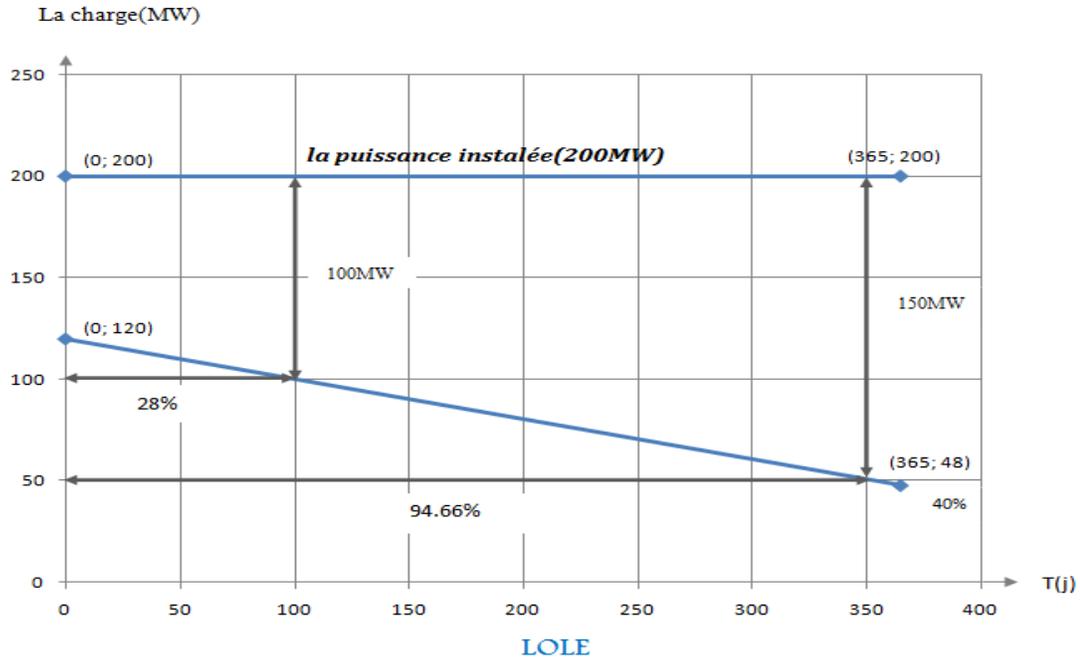
✓ L'état N° 4 : centrale (3G) la charge max 120MW et la charge min 48MW

#### 3.4.2.2.4- LOLE à l'état la charge max 120MW:

**Tableau 3.26:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 120MW d'un système composé à trois générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.941192	-	-
50	150	0.038416	-	-
100	100	0.019600	28%	0.548800
150	50	0.000784	94.66%	0.074213
200	0	0.000008	100%	0.000800

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 120 MW à un minimum de 48 MW, comme représentée sur la **Figure 3.17**.



**Figure 3.17:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximal 120 MW)

**3.4.2.3- Central à quatre (04) Générateurs:**

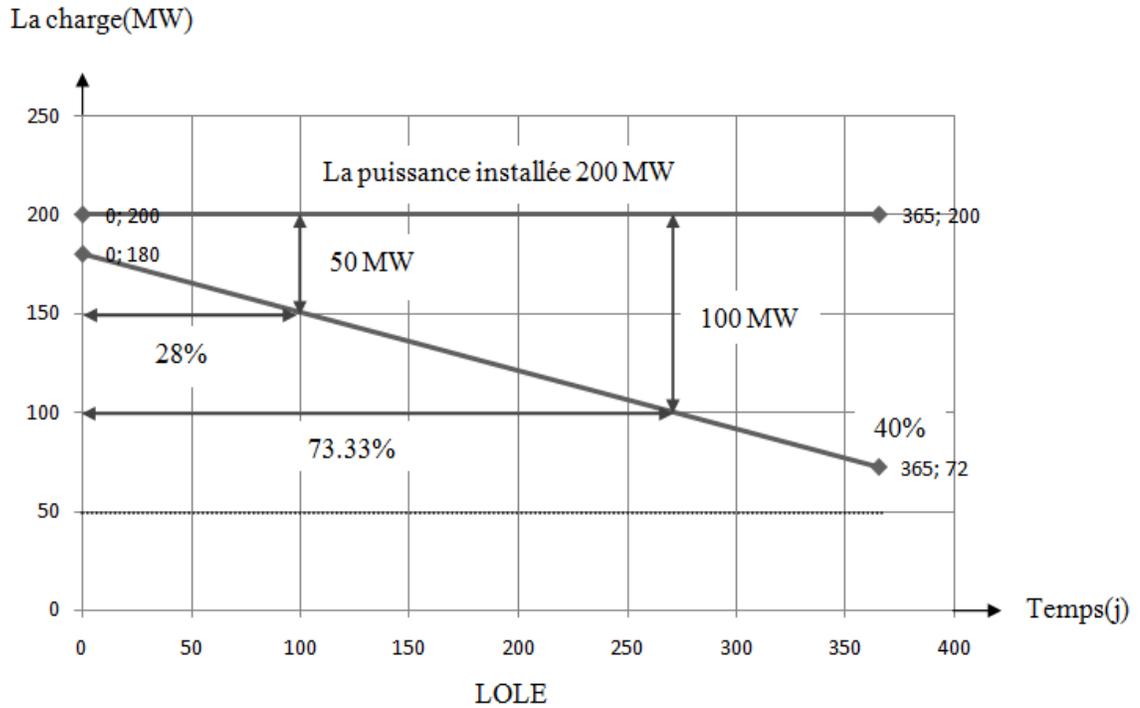
✓ L'état N° 1 : centrale (4G) la charge max 180MW et la charge min 72MW

**3.4.2.3.1-LOLE à l'état la charge max 180MW:**

**Tableau 3.27:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 180MW d'un système composé à quatre générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.922368	-	-
50	150	0.075292	28%	2.108176
100	100	0.002304	73.33%	0.168952
150	50	0.000028	100%	0.002800
200	0	0.000000	100%	0.000000

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 180 MW à un minimum de 72 MW, comme représentée sur **Figure 3.18**.



**Figure 3.18** : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximal 180 MW)

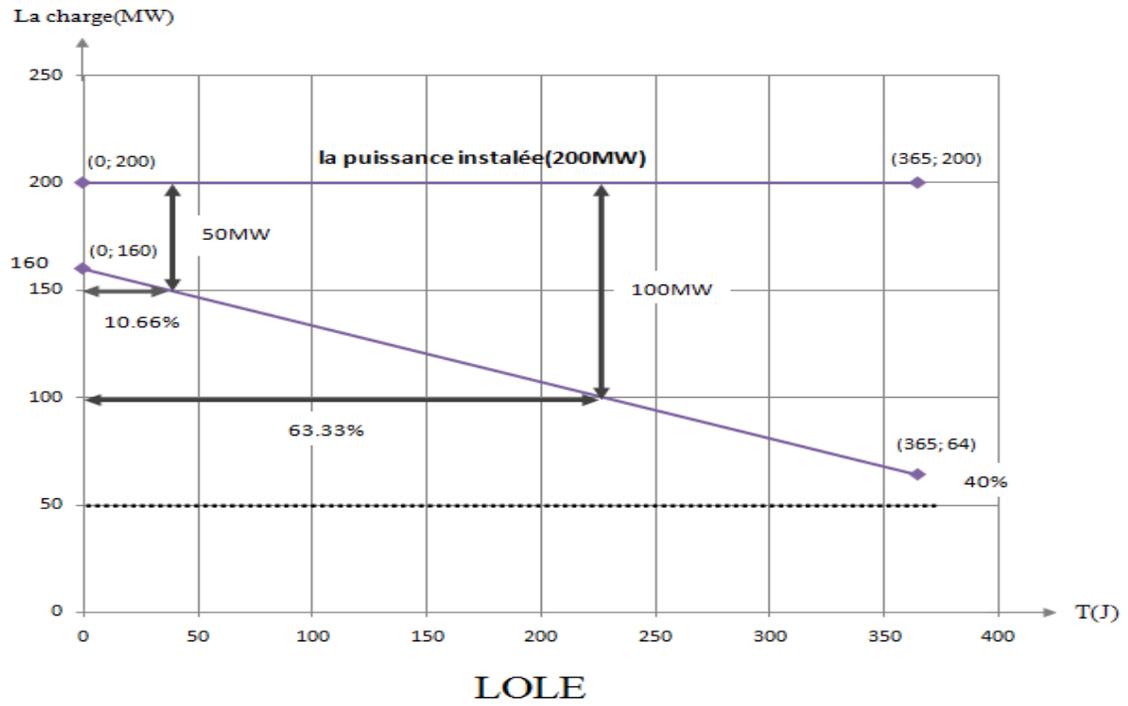
✓ L'état N° 2 : centrale (4G) la charge max 160MW et la charge min 64MW

**3.4.2.3.2-LOLE à l'état la charge max 160MW:**

**Tableau 3.28:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 160MW d'un système composé à quatre générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.922368	-	-
50	150	0.075292	10.66%	0.802612
100	100	0.002304	63.33%	0.145912
150	50	0.000028	100%	0.002800
200	0	0.000000	100%	0.000000

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 160 MW à un minimum de 64 MW, comme représentée sur la **Figure 3.19**.



**Figure 3.19** : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 160 MW)

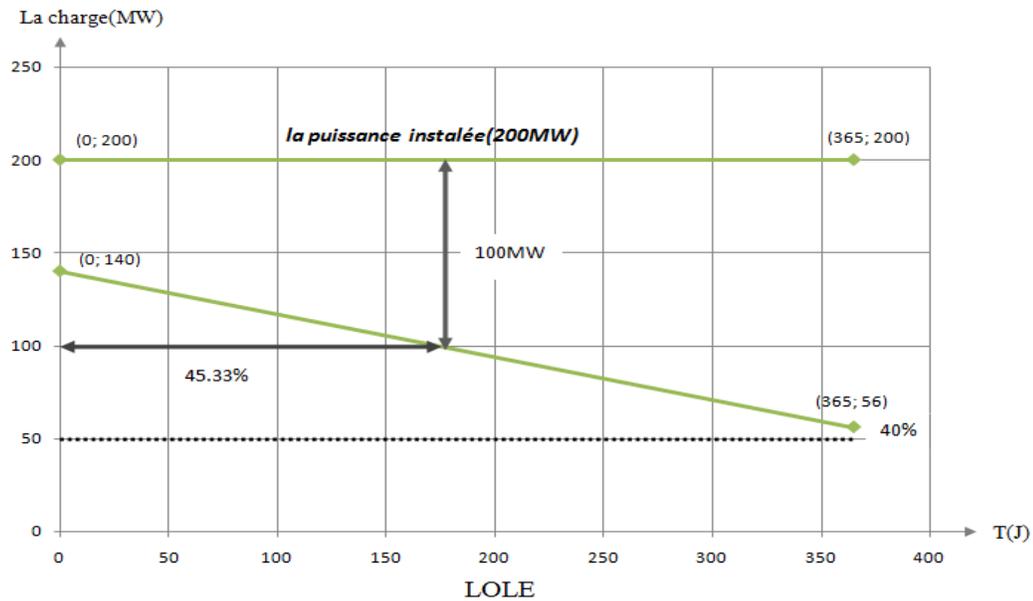
✓ L'état N° 3 : centrale (4G) la charge max 140MW et la charge min 56MW

**3.4.2.3.3-LOLE à l'état la charge max 140MW:**

**Tableau 3.29:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 140MW d'un système composé à quatre générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.922368	-	-
50	150	0.075292	-	-
100	100	0.002304	45.33%	0.104440
150	50	0.000028	100%	0.002800
200	0	0.000000	100%	0.000000

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 140 MW à un minimum de 56 MW, comme représentée sur la **Figure 3.20**.



**Figure 3.20** : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximal 140 MW)

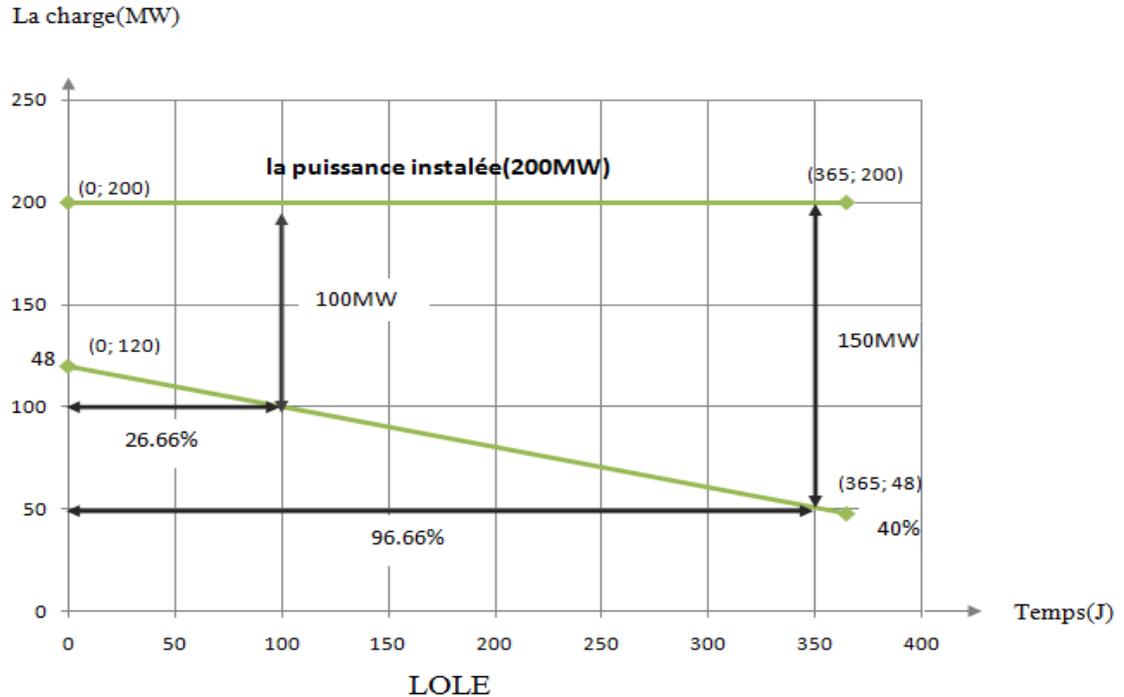
✓ L'état N° 4 : centrale (4G) la charge max 120MW et la charge min 48MW

#### 3.4.2.3.4-LOLE à l'état la charge max 120MW:

**Tableau 3.30:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 120MW d'un système composé à quatre générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.922368	-	-
50	150	0.075292	-	-
100	100	0.002304	26.66%	0.061424
150	50	0.000028	96.66%	0.002706
200	0	0.000000	100%	0.000000

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 120 MW à un minimum de 48 MW, comme représentée sur la **Figure 3.21**.



**Figure 3.21** : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximal 120 MW)

#### 3.4.2.4- Central à cinq (05) Générateurs:

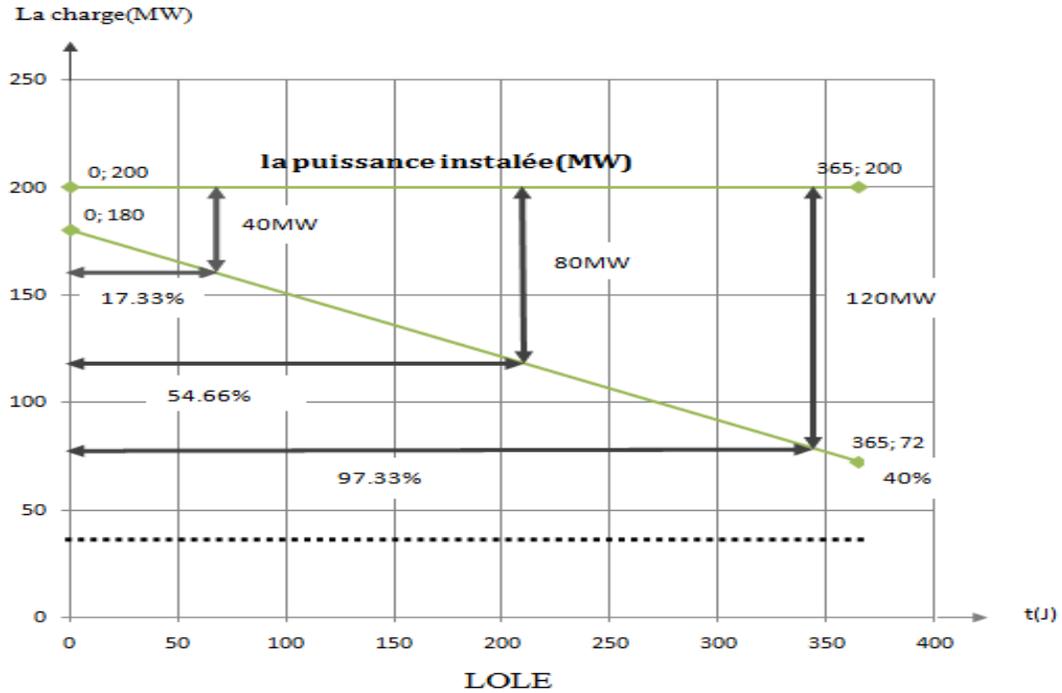
✓ L'état N° 1 : centrale (5G) la charge max 180MW et la charge min 72MW

##### 3.4.2.4.1-LOLE à l'état la charge max 180MW:

**Tableau 3.31**: LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 180MW d'un système composé à cinq générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.903920	-	-
40	160	0.092235	17.33%	1.598432
80	120	0.003760	54.66%	0.205521
120	80	0.000070	97.33%	0.006813
160	40	0.000000	100%	0.000000
200	0	0.000000	100%	0.000000

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 180 MW à un minimum de 72 MW, comme représentée sur la **Figure 3.22**.



**Figure 3.22 :** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximal 180 MW)

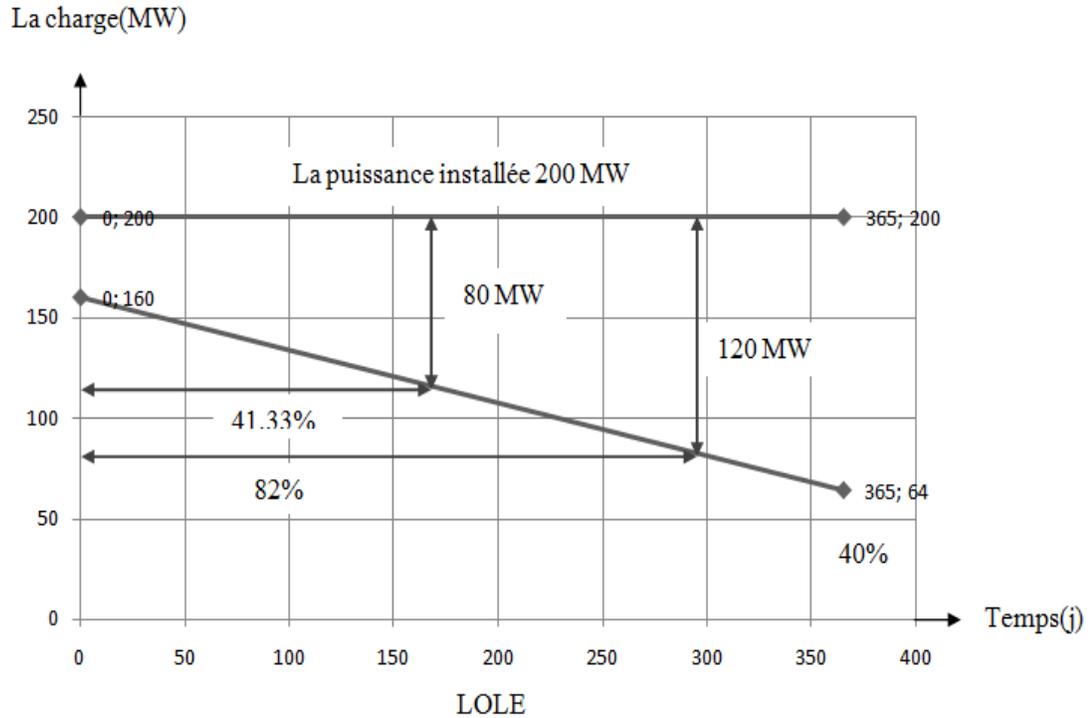
✓ L'état N° 2 : centrale (5G) la charge max 160MW et la charge min 64MW

**3.4.2.4.2-LOLE à l'état la charge max 160MW:**

**Tableau 3.32:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 160MW d'un système composé à cinq générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.903920	-	-
40	160	0.092235	-	-
80	120	0.003760	41.33%	0.155400
120	80	0.000070	82%	0.005740
160	40	0.000000	100%	0.000000
200	0	0.000000	100%	0.000000

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 160 MW à un minimum de 64 MW, comme représentée sur la **Figure 3.23**.



**Figure 3.23** : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximal 160 MW)

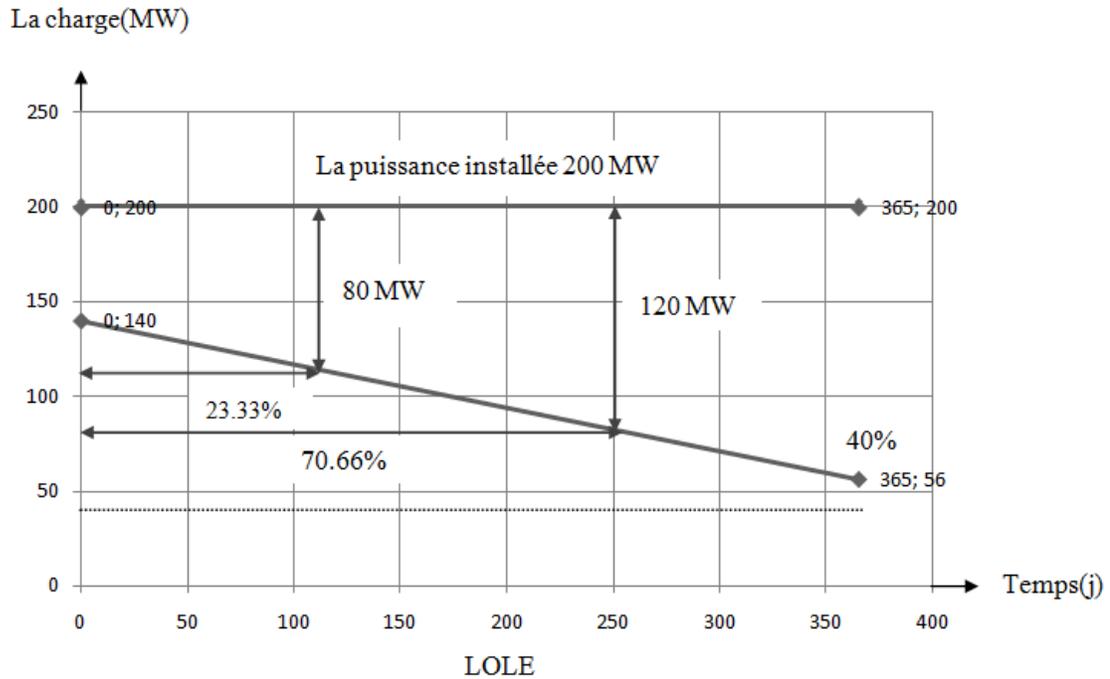
✓ L'état N° 3 : centrale (5G) la charge max 140MW et la charge min 56MW

#### 3.4.2.4.3-LOLE à l'état la charge max 140MW:

**Tableau 3.33:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 140MW d'un système composé à cinq générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.903920	-	-
40	160	0.092235	-	-
80	120	0.003760	23.33%	0.087720
120	80	0.000070	70.66%	0.004946
160	40	0.000000	100%	0.000000
200	0	0.000000	100%	0.000000

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 140 MW à un minimum de 56 MW, comme représentée sur la **Figure 3.24**.



**Figure 3.24** : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximal 140 MW)

✓ L'état N° 4 : centrale (5G) la charge max 120MW et la charge min 48MW

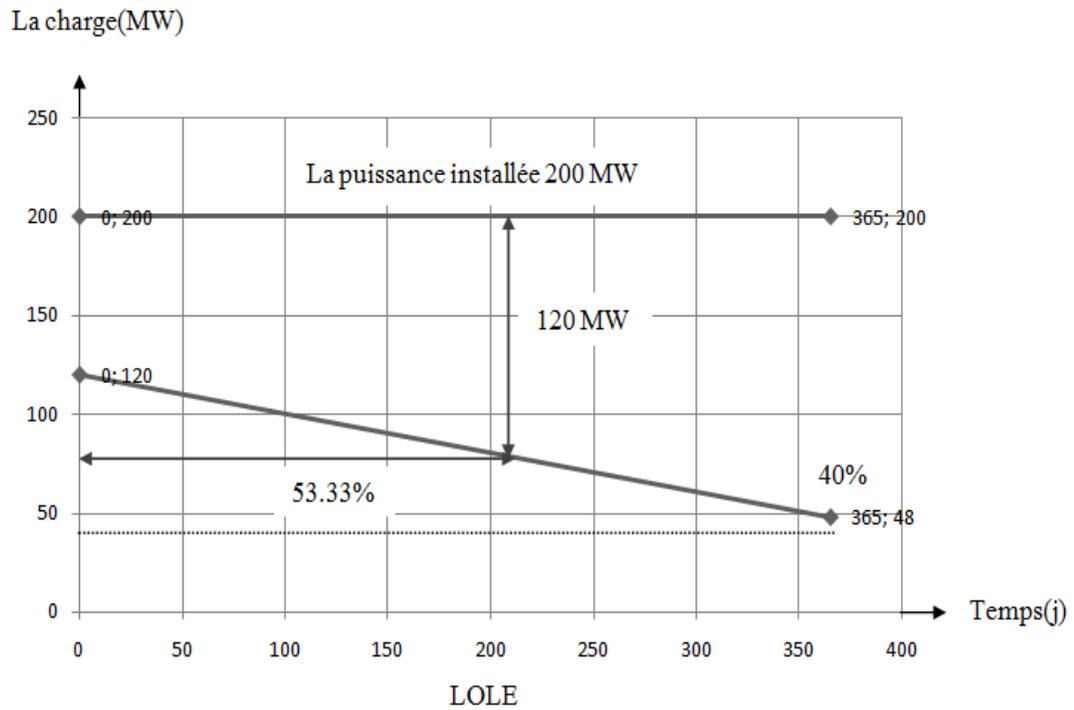
#### 3.4.4.4-LOLE à l'état la charge max 120MW:

**Tableau 3.34:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 120MW d'un système composé à cinq générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.903920	-	-
40	160	0.092235	-	-
80	120	0.003760	-	-
120	80	0.000070	53.33%	0.003733
160	40	0.000000	100%	0.000000
200	0	0.000000	100%	0.000000

L'indice LOLE total du system est de 0.003733% en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 0.013625jours.

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 120 MW à un minimum de 48 MW, comme représentée sur la **Figure 3.25**.



**Figure 3.25** : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximal 180 MW)

**Tableau 3.35:** Sensibilité de LOLE en fonction du nombre de générateur de la centrale électrique

Capacité installée (MW)	La charge minimale (MW)	La Charge maximale(MW)	Configuration de la centrale électrique			
			2	3	4	5
			générateurs	générateurs	générateurs	générateurs
LOLE jour/an						
200MW	72MW	180MW	2.914536	2.591556	2.277128	1.810766
	64MW	160MW	2.808272	1.690782	0.951324	0.559740
	56MW	140MW	1.869072	1.006868	0.107240	0.092666
	48MW	120MW	1.085072	0.623813	0.064130	0.003733

#### 3.4.2.5-Discussion des résultats :

Les résultats de la dernière section concernant le calcul de LOLE pour les différents cas d'étude sont regroupés dans le **Tableau 3.35**. Il peut être conclue ce qui suit :

- ❖ Il est frappant que LOLE est sensible à la variation du nombre de générateurs dans la centrale électrique. Par conséquent le nombre d'états dans l'analyse du système et important voire la loi  $2^n$ , le nombre élever des états du système comprend plus de possibilité favorable pour le bon fonctionnement du système d'une part, d'autre part la puissance totale installer est répartie sur plus d'unité de production (générateur) ce qui diminue la puissance qui peut être hors service par la panne des générateur.
- ❖ Dans chaque configuration il est très remarquable que chaque fois la réserve de la puissance installer est importante le système devient plus fiabilité, ce qui est traduit par une diminution de LOLE.

### 3.4.3-Effet de la variation du taux de panne forcé (U) sur LOLE:

Dans cette section de l'application de la thèse, le calcul de l'indice LOLE est effectué pour une centrale a trois(3G) générateurs pour les différents cas de figures concernant la variation du taux de panne forcé, et dans chaque cas la charge a été varier pour étudier l'influence sur l' LOLE. Voir le **Tableau 3.36**.

**Tableau 3.36 : Variation du taux de panne forcé avec la charge**

Centrale	Cas	Probabilité favorable A	Probabilité défavorable U	Charge Maximale
3G	1 <sup>er</sup> cas	0.99	0.01	180, 160, 140, 120
	2 <sup>eme</sup> cas	0.97	0.03	180, 160, 140, 120
	3 <sup>eme</sup> cas	0.96	0.04	180, 160, 140, 120
	4 <sup>eme</sup> Cas	0.98	0.02	180, 160, 140, 120

#### 3.4.3.1-première cas : A=0.99 et U=0.01 :

##### 3.4.3.1.1-LOLE à l'état la charge max 180MW:

**Tableau 3.37:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge180MW d'un système compose à trois générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.970299	-	-
50	150	0.019602	28%	0.548856
100	100	0.009900	73.33%	0.725967
150	50	0.000198	100%	0. 019800
200	0	0.000001	100%	0. 000100

**3.4.3.1.2-LOLE à l'état la charge max 160MW:****Tableau 3.38:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge160MW d'un système compose à trois générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.970299	-	-
50	150	0.019602	10.66%	0.208957
100	100	0.009900	61.33%	0.607167
150	50	0.000198	100%	0.019800
200	0	0.000001	100%	0.000100

**3.4.3.1.3-LOLE à l'état la charge max 140MW:****Tableau 3.39:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge140MW d'un système compose à trois générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.970299	-	-
50	150	0.019602	-	-
100	100	0.009900	47.33%	0.468567
150	50	0.000198	100%	0.019800
200	0	0.000001	100%	0.000100

**3.4.3.1.4-LOLE à l'état la charge max 120MW:****Tableau 3.40:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge120MW d'un système compose à trois générateurs

Capacité on panne(MW)	Capacité on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.970299	-	-
50	150	0.019602	-	-
100	100	0.009900	28%	0.277200
150	50	0.000198	94.66%	0.018742
200	0	0.000001	100%	0.000100

### 3.4.3.2-deuxième cas : A=0.97 et U=0.03 :

#### 3.4.3.2.1-LOLE à l'état la charge max 180MW:

**Tableau 3.41:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 180MW d'un système compose à trois générateurs

Capacité on panne(MW)	Capacité on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.912673	-	-
50	150	0.056454	28%	1.580712
100	100	0.029100	73.33%	2.133903
150	50	0.001746	100%	0.174600
200	0	0.000027	100%	0.002700

#### 3.4.3.2.2-LOLE à l'état la charge max 160MW:

**Tableau 3.42:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 160MW d'un système compose à trois générateurs

Capacité on panne(MW)	Capacité on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.912673	-	-
50	150	0.056454	10.66%	0.601799
100	100	0.029100	61.33%	1.784703
150	50	0.001746	100%	0.174600
200	0	0.000027	100%	0.002700

**3.4.3.2.3-LOLE à l'état la charge max 140MW:****Tableau 3.43:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge140MW d'un système compose à trois générateurs

Capacité on panne(MW)	Capacité on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.912673	-	-
50	150	0.056454	-	-
100	100	0.029100	47.33%	1.377303
150	50	0.001746	100%	0.174600
200	0	0.000027	100%	0.002700

**3.4.3.2.4-LOLE à l'état la charge max 120MW:****Tableau 3.44:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge120MW d'un système compose à trois générateurs

Capacité on panne(MW)	Capacité on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.912673	-	-
50	150	0.056454	-	-
100	100	0.029100	28%	0.814800
150	50	0.001746	94.66%	0.165276
200	0	0.000027	100%	0.002700

**3.4.3.3-troisième cas : A=0.96 et U=0.04 :****3.4.3.3.1-LOLE à l'état la charge max 180MW:****Tableau 3.45:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 180MW d'un système compose à trois générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.884736	-	-
50	150	0.073728	28%	2.064384
100	100	0.038400	73.33%	2.815872
150	50	0.003072	100%	0.307200
200	0	0.000064	100%	0.006400

**3.4.3.3.2-LOLE à l'état la charge max 160MW:****Tableau 3.46:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 160MW d'un système compose à trois générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.884736	-	-
50	150	0.073728	10.66%	0.785940
100	100	0.038400	61.33%	2.355072
150	50	0.003072	100%	0.307200
200	0	0.000064	100%	0.006400

**3.4.3.3-LOLE à l'état la charge max 140MW:****Tableau 3.47:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge140MW d'un système compose à trois générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.884736	-	-
50	150	0.073728	-	-
100	100	0.038400	47.33%	1.817472
150	50	0.003072	100%	0.307200
200	0	0.000064	100%	0.006400

**3.4.3.3.4-LOLE à l'état la charge max 120MW:****Tableau 3.48:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge120MW d'un système compose à trois générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.884736	-	-
50	150	0.073728	-	-
100	100	0.038400	28%	1.075200
150	50	0.003072	94.66%	0.290795
200	0	0.000064	100%	0.006400

**3.4.3.4-quatrième cas : A=0.98 et U=0.02 :****3.4.3.4.1-LOLE à l'état la charge max 180MW:****Tableau 3.49:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge180MW d'un système compose à trois générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.941192	-	-
50	150	0.038416	28%	1.075648
100	100	0.019600	73.33%	1.437268
150	50	0.000784	100%	0.078400
200	0	0.000008	100%	0.000800

**3.4.3.4.2-LOLE à l'état la charge max 160MW:****Tableau 3.50:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge160MW d'un système compose à trois générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.941192	-	-
50	150	0.038416	10.66%	0.409514
100	100	0.019600	61.33%	1.202068
150	50	0.000784	100%	0.078400
200	0	0.000008	100%	0.000800

**3.4.3.4.3-LOLE à l'état la charge max 140MW:****Tableau 3.51:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge140MW d'un système compose à trois générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.941192	-	-
50	150	0.038416	-	-
100	100	0.019600	47.33%	0.927668
150	50	0.000784	100%	0.078400
200	0	0.000008	100%	0.000800

**3.4.3.4.4-LOLE à l'état la charge max 120MW:****Tableau 3.52:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge120MW d'un système compose à trois générateurs

Capacité de production on panne(MW)	Capacité de production on service(MW)	Probabilité individuel	Temps(%)	LOLE
0	200	0.941192	-	-
50	150	0.038416	-	-
100	100	0.019600	28%	0.548800
150	50	0.000784	94.66%	0.074213
200	0	0.000008	100%	0.000800

**Tableau 3.53** : Effet du taux de panna forcé et de la charge.

Pic de la charge (MW)	Niveau de risque du système - LOLE			
	Taux de panna forcé - U			
	U= 0.01	U= 0.02	U= 0.03	U= 0.04
180	1.294723	2.592116	3.734775	5.193856
160	0.836024	1.690782	2.563802	3.454612
140	0.488467	1.006868	1.554603	2.131072
120	0.296042	0.623813	0.982776	1.372395

Le tableau 3.53 accumule tout les résultats des cas de figure lors de la variation du taux de panne forcé et celle de la charge ; il peut être éminent que LOLE est sensible à la variation de la charge et la variation du taux de panne forcé. Pour la même charge la diminution de la fiabilité des unités de production et traduit on la diminution de la fiabilité du système de production. Il est très remarquable que chaque fois la réserve de la puissance installer est importante (diminution de la charge max) pour la même constante U (taux de panne forcé) le système devient plus fiabilité, ce qui est traduit par une diminution de LOLE.

#### 3.4.4. Evaluation de la fiabilité du système de production :

Il est très utile de calculer la probabilité d'un certain événement qui peut émerger suite au fonctionnement du système électrique, dans cette partie de l'application de la thèse l'analyse et l'évaluation de la fiabilité du système production est procéder par l'application de la théorie des fréquences et des durées expliquer dans le chapitre précédant. Cette méthode donne plus d'information sur le comportement du système car il est indispensable de savoir la chance d'un événement (état du système) de ce produire, le calcul de la fréquence de cette événement donne plus de connaissances sur le système et ces comportement.

Dans le travail présenté ici la puissance installé dans le système est de 200MW les systèmes de production ce compose de trois générateur (50, 50, 100) MW.

Dans le système de production Par application des théories expliquée dans le chapitre précédant les résultats de l'étude sont présentés ci-après. Pour le calcul de la probabilité et la fréquence de panne du système on a besoin de calculer la réserve de la puissance du système, la probabilité individuelle de chaque états du système, Un autre indices doit être trouvé qui est représenté par PLj qui est la probabilité interprétant la possibilité de la panne ou de service ainsi que la quantité de charge perdue vis a vis de la puissance fournie pour chaque états dans le système. Egalement de taux de départ pour chaque états est calculée. Voir tableaux 3.54.

Dans cette étude de la fiabilité du système de production, le calcul de la probabilité de panne et de la fréquence permet de récoltée une quantité d'information très importante qui permettra de construire une base de données sur le comportement possible du système au future. Pour chaque états du système sous étude la probabilité et calculé pour définir la chance du système pour être dans tel ou tel états et la fréquence des états du système calculé révèle la répétitivité de l'état. Si l'état conduit a une panne dans le système la probabilité donne l'information de la chance de cette panne de ce produire et la fréquence diffuse l'information de la répétitivité de cette panne, ces deux indices révèle l'importance de l'état qui poussent les ingénieurs à prendre les arrangements indispensable pour que l'état ne ce produit pas ce qui mène a l'amélioration du système entier.

La probabilité et la fréquence de panne son calculé comme suit :

- $PLj = \frac{\text{la puissance installée} - \text{capacité on service}}{\text{la charge maximale} - \text{la charge minimale}}$
- Probabilité de panne = PLJ × probabilité individuelle.
- Fréquence de Panne = PLJ × fréquence individuelle.

Pour  $\mu=0.49$  réparation/jour,  $\lambda= 0.01$  panne/jour et  $A=0.98$ ,  $U=0.02$

**Tableau 3.54 : La Probabilité et La fréquence du système de production composé de trois générateur (50, 50, 100) MW**

Les états	3G			Capacité on panne (MW)	Capacité On service (MW)	Probabilité individuel	Probabilité L <sub>j</sub>	Probabilité de panne	Taux de départ	Fréquence	Fréquence de panne
	G1	G2	G3								
1	0	0	0	0	200	0.941192	0.000000	0.000000	0.03	0.028235	0.000000
2	0	0	1	100	100	0.019208	0.925925	0.017785	0.51	0.009796	0.009070
3	0	1	0	50	150	0.019208	0.462962	0.008892	0.51	0.009796	0.004535
4	0	1	1	150	50	0.000392	1.000000	0.000392	0.99	0.000388	0.000388
5	1	0	0	50	150	0.019208	0.462962	0.008892	0.51	0.009796	0.004535
6	1	0	1	150	50	0.000392	1.000000	0.000392	0.99	0.000388	0.000388
7	1	1	0	100	100	0.000392	0.925925	0.000392	0.99	0.000388	0.0003592
8	1	1	1	200	0	0.000008	1.000000	0.000008	1.47	0.000011	0.000011

### **3.5-Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons présenté l'application de la théorie des probabilités sur de différents cas de figures. L'application de la méthode des fréquences et des durées sur un système de production. Les résultats de cette application sont représentés sur de différents tableaux et ont été interprétés.

# ***CONCLUSION GENERALE***

## Conclusion générale

---

Le but de notre travail est l'étude de l'évaluation de la fiabilité des systèmes électrique peut être exécutée pendant des périodes distinctes: le passé et le futur. L'évaluation de la fiabilité au futur peut être employée pour prévoir le futur comportement du système. L'analyse de la fiabilité a une application large étendue dans le domaine technologie. Plusieurs de ces utilisations d'applications peuvent être mises en application avec des techniques qualitatives ou quantitatives.

Les techniques qualitatives impliquent que l'évaluation de la fiabilité doit dépendre seulement de l'expérience et des jugements de l'ingénieur.

Dans ce mémoire on a étudié dans premier chapitre une généralité sur la fonction d'un réseau électrique et la production de l'énergie électrique comme les différents types d'énergie et on deuxième chapitre la détaille l'importance de la théorie de probabilité et méthode des durées et des fréquences sur le système de production et finalement nous avons présenté l'application de la théorie de probabilité et méthode des fréquences sur un système de production.

L'étude comprend les étapes suivantes pour l'évaluation de la fiabilité du réseau électrique:

- ✚ Changement de la configuration de la centrale électrique par la variation du nombre des générateurs ainsi la capacité de chaque générateur voir tableau 3.1.
- ✚ Dans chaque configuration la probabilité de chaque état (possibilités), ainsi que l'indice LOLE sont calculés.
- ✚ Chaque configuration est étudiée pour de différentes consommations (charges), pour voir l'influence sur l'indice de fiabilité LOLE comme représenté sur les figures 3.2 à la figure 3.5.
- ✚ La variation des probabilités favorable et défavorable est appliquée pour voir son effet sur l'indice LOLE.
- ✚ L'évaluation de la fiabilité du système de production est étudiée par la méthode des fréquences et des durées.
- ✚ Le calcul de la probabilité pour chaque cas, donne aux ingénieurs l'information de la production de l'événement (état), la méthode des fréquences donne plus d'information pour l'ingénieur concernant l'aspect répétitive d'un certain état de panne.

Dans l'analyse et dans les cas de figure de l'étude il peut être remarqué fortement que :

- ✚ Chaque fois le nombre des générateurs et augmenté le nombre des états possible du système lui aussi augmente ce qui donne beaucoup plus de chance pour les états de bonne fonctionnement du système d'émerger, ce qui donne une grande marge de manœuvre pour les ingénieurs qui gère le système pour l'amener en bonne état de fonctionnement.
- ✚ Dans le système à deux générateurs la panne d'un seul générateur engendrera la perte de 50% de la production de la centrale électrique tandis que dans les autre cas il y a plus de chance de ne pas perdre cette quantité de production.

Le résultat générale de cette étude dans cette section est que la qualité de service sera élevé a chaque fois le nombre d'unités opérationnel dans le système et élever, voir que l'ingénieur est limité aussi par la contrainte économique concernant le montant de l'investissement.

Il est frappant que LOLE est sensible à la variation du nombre de générateurs dans la centrale électrique. Par conséquence le nombre d'états dans l'analyse du système et important voire la loi  $2^n$ , le nombre élever des états du système comprend plus de possibilité favorable pour le bon fonctionnement du système d'une part, d'autre part la puissance totale installer est répartie sur plus d'unité de production (générateur) ce qui diminue la puissance qui peut être hors service par la panne des générateur.

Dans chaque configuration il est très remarquable que chaque fois la réserve de la puissance installer est importante le système devient plus fiabilité, ce qui est traduit par une diminution de LOLE.

Dans cette étude de la fiabilité du système de production, le calcul de la probabilité de panne et de la fréquence permet de récoltée une quantité d'information très importante qui permettra de construire une base de données sur le comportement possible du système au future. Pour chaque états du système sous étude la probabilité et calculé pour définir la chance du système pour être dans tel ou tel états et la fréquence des états du système calculé révèle la répétitivité de l'état.

Si l'état conduit à une panne dans le système la probabilité donne l'information de la chance de cette panne de se produire et la fréquence diffuse l'information de la répétitivité de cette panne, ces deux indices révèlent l'importance de l'état qui poussent les ingénieurs à prendre les arrangements indispensables pour que l'état ne se produise pas ce qui mène à l'amélioration du système entier.

À la fin je suis sûr que les étudiants des années prochaines étudieront d'autres techniques pour analyser la fiabilité du système électrique.

***REFERENCES***  
***BIBLIOGRAPHIQUE***

## *Référence bibliographie*

---

- ✓ [1] Cahier technique n°185. Stabilité dynamique des réseaux électriques industriels, site internet.
- ✓ [2] Ould cheikhna Mohamed – ghiboub Slimane « L'IMPACT DE COMPENSATEUR SHUNT (SVC) SUR LA STABILITE DES RESEAUX ELECTRIQUES » Mémoire de fin de d'étude d'ingénieur d'état université de Constantine, juin 2009
- ✓ [3] maouche Khaled, hicher Saad « simulation des réseaux électriques par matlab » Mémoire de fin de d'étude d'ingénieur d'état université de Biskra, juin 2008
- ✓ [4] Debabeche. R, Ben Salah. M ''renforcement en énergie électrique du départ MT 30KV de zeribet el oued'' Mémoire de d'étude d'ingénieur d'état université de Biskra, juin 1999
- ✓ [5] S jonvithula, cost/benefi 'Assessment of power system Reliability .phd.
- ✓ [6] R. Billinton, and Allan, R, N, ''power system Reliability In perspective'', IEEE ?PP.