

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Electrique  
Filière : Electrotechnique  
Option : Réseaux électrique

Réf: ǔ ǔ ǔ ǔ

Mémoire de Fin d'Etudes  
En vue de l'obtention du diplôme:

**MASTER**

*Thème*

**Etude et Evaluation de la fiabilité de  
la capacité de production d'énergie  
électrique « Méthode de base »**

Présenté par :  
**Gasmi khaled**  
Soutenu le : 10 Juin 2012

Devant le jury composé de :  
Dr: Mahdad Belkacem  
Mr: Rouina Abdelhafid  
Mr: Yahya Khaled

Président  
Encadreur  
Examineur

**Année universitaire : 2011 / 2012**

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Electrique  
Filière : Electrotechnique  
Option : Réseaux électrique

Mémoire de Fin d'Etudes  
En vue de l'obtention du diplôme:

**MASTER**

*Thème*

**Etude et Evaluation de la fiabilité de la  
capacité de production d'énergie électrique  
« Méthode de base »**

**Présenté par :**

*Gasmi khaled*

**Avis favorable de l'encadreur :**

*Mr : Rouina Abdelhafid*

*signature*

**Avis favorable du Président du Jury**

*Nom Prénom*

*Signature*

**Cachet et signature**

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Electrique  
Filière : Electrotechnique  
Option : Réseaux électrique

*Thème :*

## Etude et Evaluation de la fiabilité de la capacité de production d'énergie électrique « Méthode de base »

**Proposé par** : Mr : *Rouina Abdelhafid*

**Dirigé par** : Mr : *Rouina Abdelhafid*

### **RESUME (bilingue)**

Comme l'énergie électrique est un élément important de la vie et nécessaire dans les différents domaines de la vie. C'est pourquoi les ingénieurs travaillent sur la fiabilité du système électrique. La théorie des probabilités et utiliser pour l'évaluation de la fiabilité et pour déterminer le taux de réussite ainsi que le taux d'échec de ces systèmes électriques. Il ya plusieurs façons d'étudier la fiabilité des systèmes Parmi ces méthodes, "La méthode de base" qui a été étudiés et appliqués dans la présente thèse elle est considéré comme l'une des méthodes les plus importants pour étudier et évaluer la fiabilité des capacités de production électrique, en d'étudient toutes les possibilités de défaillance dans les systèmes électriques.



# *Remerciements*

Nous remercions le Dieu de nous avoir donné la force et le courage pour réaliser Ce modeste travail.

Nous remercions beaucoup notre enseignant Monsieur ROUINA ABD ALHAFID qui a suivi de très près ce travail, pour son aide, ses orientations pédagogiques dans l'élaboration de ce mémoire, et tous les conseils qu'il nous a prodigués pendant toute la durée de ce travail malgré ses nombreuses occupations.

Nous adressons nos plus vifs remerciements aux membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant la charge de juger ce travail.

Nous sommes reconnaissants envers nos enseignants auxquels nous devons notre formation en électrotechnique.

Aides et sont coopération pour la réalisation de cette modeste travail ;

Enfin, nous ne pourrions terminer ces remerciements sans remercier notre famille pour leurs aides, compréhensions, encouragements et soutiens, qu'elles nous ont apportés tout le long de nos études et à toutes nos amies.

## *Dédicace*

*Je dédie ce travail,*

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

*A toute la famille GASMI, et cher, surtout ma mère qui  
a sacrifié pour notre salut, ainsi que mon cher père nuit  
qui ont contribué aujourdoiu pas oublier mes frère en  
tant que personne individuelle*

*A tout mes amis et mes collègues, et à tous ceux qui  
m'ont aidé pour réaliser ce mémoire.*

# Sommaire :

---

## Chapitre I : Introduction générale

I.1 Introduction	1
I.2 Définition	1
I.3 Structure topologique des réseaux	1
I.3.1 Réseaux radiaux	2
I.3.2 Réseaux bouclés	3
I.3.3 Réseaux maillés	3
I.4 Les différentes fonctions du réseau	4
I.4.1 Les réseaux d'utilisations	4
I.4.2 Les réseaux industriels	4
I.4.3 Les réseaux des distributions	4
I.4.4 Les réseaux des répartitions	4
I.4.5 Les réseaux des transports	4
I.4.6 Les réseaux d'interconnexions	4
I.5 Classification des réseaux	5
I.6. les classes de tension	5
I.7 la production de l'énergie électrique	5
I.7.1 Le principe de production	5
I.7.2 Appel de puissance d'un réseau	6
I.7.3 La stabilité	7
I.7.4 Continuité de service	7
I.7.5 Economie	7
I.7.6 La panne	8
I.8 Les différents types d'énergie	8
I.8.1 : Énergies non renouvelables	8
I.8.2 Énergies renouvelables	9
a) Énergie Éolienne	9
b) Énergie hydraulique	10
c) Énergie de la biomasse	11
d) Énergie géothermique.....	11
e) Énergie solaire	12
I. 9 Conclusion	13

## chapitre II : Méthode de Base De L'évaluation De La Fiabilité Des System De Production

II.1 Introduction	14
II.2 Le modèle de système de production	16
II.2.1 L'indisponibilité des unités de Production (génératrice)	16
II.2.2 Tableaux des probabilités d'interruption de la Capacité de production	18
II.3 Les indices de perte de charge (loss of load indices)	21
II.3.1 concepts et technique d'évaluation	21
II.3.2 Exemples numériques	23
a) Etude de base	23
b) Etude de sensibilité	26
II.4 Analyse d'expansion des capacités	31
II.4.1 Les techniques d'évaluation	31
II.5 Indices de perte d'énergie	35
II.5.1 Évaluation des indices d'énergie	35
II.6. Conclusion	37

## Chapitre III : Application sur le système teste RBTS

III .1 Introduction	38
III.2 Application sur le RBTS "système de test de Roy Billinton"	38
III.3. Le développement des réseaux de distribution pour les RBTS	40
III.4 .conclusion	43
Conclusion générale	44
Bibliographie	45



## Liste des tableaux :

---

### Chapitre II : la théorie de probabilité

Tableau II.1 : probabilité d'un système composé de deux générateurs	19
Tableau II.2 : générateur de 5MW on service	20
Tableau II.3 : générateur de 5MW or service (on panne)	20
Tableau II.4 : capacité et probabilité d'un système à trois générateurs on panne	21
Tableau II.5 : probabilité d'un système composé de cinq générateurs	23
Tableau II.6 : probabilités using LOLE individuels	25
Tableau II.7 : probabilités using LOLE cumulative	26
Tableau II.8 : résultats de l'étude de sensibilité	27
Tableau II.9 : Effet de la DE et la charge de point du système	29
Tableau II.10 : changes in PLCC	30
Tableau II.11 : la variation du risque au niveau de l'addition successive des unités	32
Tableau II.12 : la charge de point annuelle pour chacune des huit prochaines années.....	33
Tableau II.13 : résultat expansion de la production	34

### Chapitre III : application sur un réseau électrique

Tableau III.1 : Données techniques du système de production	38
Tableau III.2 : LOLE individuel	41
Tableau III.3 : LOLE cumulative	43

## Liste des abbreviations

---

LOLE : indice de perte de charge

PLCC : la charge de pointe capacité de transport

RBTS : système de test de Roy Billinton

## Liste des Figure

### Chapitre I : introduction générale sur la fonction de réseau électrique et la production de l'énergie électrique

Figure I.1 : structure topologique des réseaux	2
Figure I.2 : Schéma d'un réseau radial	2
Figure I.3 : Schéma d'un réseau bouclé	3
Figure I.4: Roseau maillée	4
Figure I.5 : Fluctuation typiques de l'appel de puissance durant une année	6
Figure I.6 : Trois réseaux reliées par des lignes d'interconnexion	7
Figure I.7 : diagramme de consommation d'énergie	8
Figure.8: moulins à vent	10
Figure .9: éolienne	10
0Figure.10: moulins à eu	10
Figure.11: un barrage	10
Figure.12 : le bois.....	11
Figure.13: Champ d'essais géothermiques	11
Figure.14: le Soleil, principale origine des énergies renouvelables	12

### Chapitre II : la théorie de probabilité

Figure II.1 : conceptuelle prend en générant évaluation de la fiabilité des capacités	15
Figure II. 2 : le modèle de système	15
Figure II.3(a) : modèle à deux état d'une unité de charge de base	17
Figure II.3(b) : quatre modèles d'état pour la planification des études	17
Figure II.4 : relation entre la capacité de charge et de service	22
Figure II.5 : la courbe de variation de pic de charge quotidienne	24
Figure II.6 : périodes de temps ou les pane ce produise	24
Figure II.7: Variation du risque avec la charge de pointe	28
Figure II.8 : LOLE en fonction du Tau d'indisponibilité forcé	29
Figure II.9 : variation du risque avec des ajout d'unités	33
Figure II.10: réduction d'énergie en raison des capacités état panne	36

### Chapitre III : application sur un réseau électrique

Figure III.1: le schéma unifilaire de Les RBTS y compris les configurations de la station...	39
--	----

# الضمان

باعتبار الطاقة الكهربائية جزء هام في الحياة وضروري ولا يمكن الاستغناء عنها في شتى مجالات الحياة. لذا يعمل المهندسون على وثوقية المنظومة الكهربائية. تستعمل نظرية الاحتمالات لمعرفة نسبة نجاح وكذا نسبة فشل هذه المنظومات الكهربائية. توجد عدة طرق لدراسة وثوقية المنظومات ومن بين هذه الطرق المتبعة "الطريقة القاعدية البسيطة" التي تمت دراستها وتطبيقها في هذه المذكرة وتعتبر من أهم الطرق المستخدمة لدراسة وتقييم وثوقية محطات إنتاج الطاقة الكهربائية وكذا دراسة كل احتمالات العطل في المنظومات الكهربائية.

## الكلمات المفتاحية

وثوقية المنظومة الكهربائية

نظرية الاحتمالات

## Résumé

Comme l'énergie électrique est un élément important de la vie et nécessaire dans les différents domaines de la vie. C'est pourquoi les ingénieurs travaillent sur la fiabilité du système électrique. La théorie des probabilités et utiliser pour l'évaluation de la fiabilité et pour déterminer le taux de réussite ainsi que le taux d'échec de ces systèmes électriques. Il ya plusieurs façons d'étudier la fiabilité des systèmes Parmi ces méthodes, "La méthode de base" qui a été étudiés et appliqués dans la présente thèse elle est considéré comme l'une des méthodes les plus importants pour étudier et évaluer la fiabilité des capacités de production électrique, en d'étudient toutes les possibilités de défaillance dans les systèmes électriques

### Mots-clés

La fiabilité du système électrique

La théorie des probabilités

**I.1. Introduction :**

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 que 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. [2]

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. [2]

**I.2. Définition :**

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 et des antennes (ou dérivation); soit des mailles (ou boucles). [2]

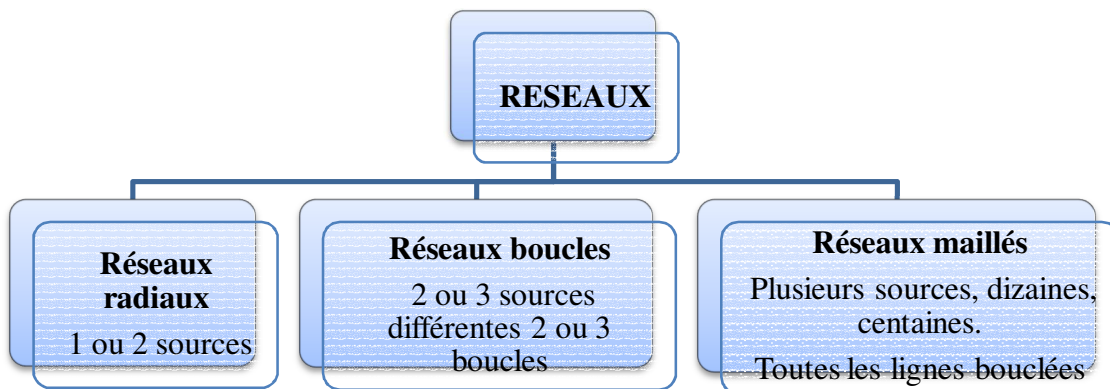
**I.3. Structure topologique des réseaux :**

Les réseaux doivent assurer le transit de l'énergie électrique avec une sécurité suffisante, cette sécurité d'alimentation est augmentée soit:

• Par les lignes avec appareillages plus solides.

• Par des circuits plus nombreux.

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]

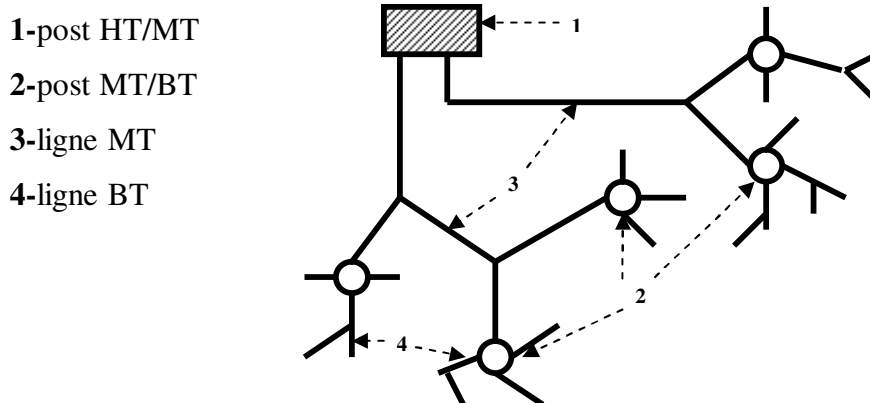


**Figure I.1** structure topologique des réseaux [2]

### I.3.1. Réseaux radiaux :

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 bouclable 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. Ce sont les réseaux les moins onéreux. [2]



**Figure I.2** Schéma d'un réseau radial [2]

### I.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.

Cette structure coûte chère car elle nécessite au moins deux cellules de départ en plus. [2]

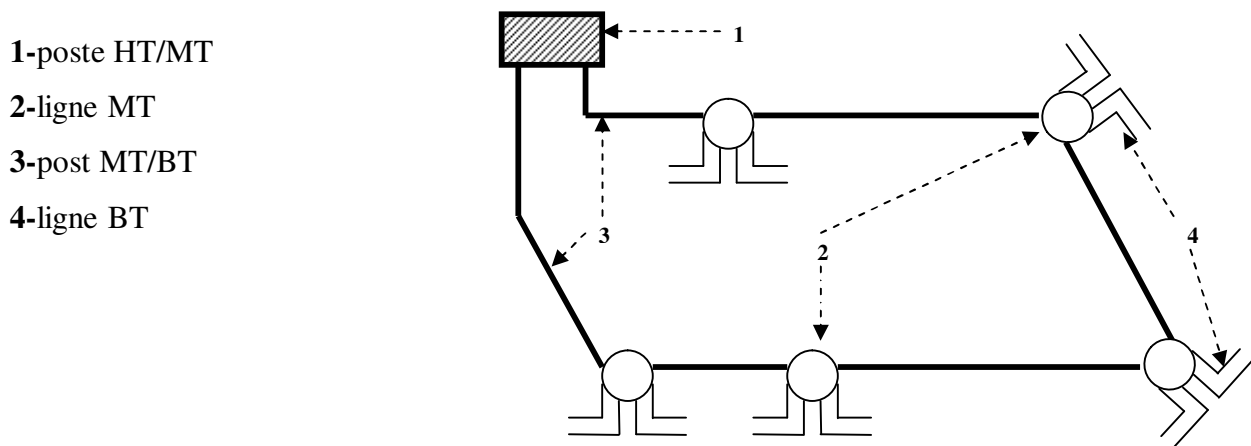


Figure I.3 Schéma d'un réseau bouclé [2]

### I.3.3. Réseaux maillés :

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 tronçons de ligne soient capables de supporter des surcharges permanentes et qu'ils soient munis à leurs deux extrémités d'appareils de coupure les isolants en cas d'avarie. On obtient ainsi une meilleure sécurité, mais à un prix plus cher. [2]

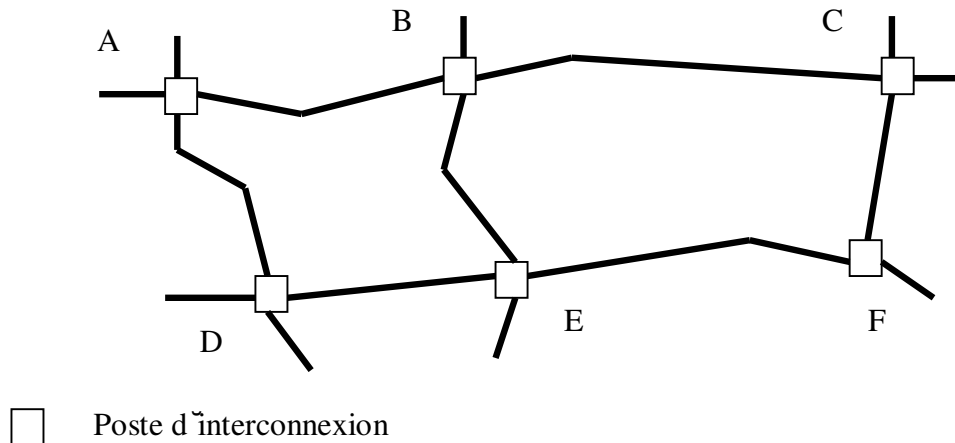


Figure I.4 réseau maillée [2]

#### I.4. Les différentes fonctions du réseau :

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

**I. 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 basse tension (B.T).

**I. 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.

**I.4.3 Les réseaux des distributions:** 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 de plusieurs départ BT.

**I.4.4 Les réseaux des répartitions:** 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.

**I.4.5 Les réseaux des transports:** qui assurent l'alimentation de l'ensemble du territoire grâce à des transits de puissance importante sur des distances atteignant quelques centaines de kilomètres, la tension utilisée est: 110 à 1250 kV. Elle comprend les centrales, ainsi que les lignes et les postes de transformation issus de celles-ci.

**I.4.6 Les réseaux d'interconnexions:** constituent les liaisons entre les réseaux de transport; de telles liaisons ont un double rôle de sécurité et un rôle d'économie.[2]



**I.5 Classification des réseaux :**

Les critères permettant de différencier ou regrouper les réseaux en catégories sont au nombre de quatre dont l'intérêt est évident :

- La tension qui limite les puissances transportées et fixe dimensions des lignes et des matériaux des postes.
- La fonction que le réseau doit remplir.
- La 3ème définition, la topologie du réseau. elle fixe son mode d'exploitation normale et les possibilités de secours en cas d'incidents.
- La 4ème indique le système utilisé pour les courants alternatifs et les nombres de phase et la position du neutre par rapport à la terre. [2]

**I.6. les classes de tension :**

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 : [2]

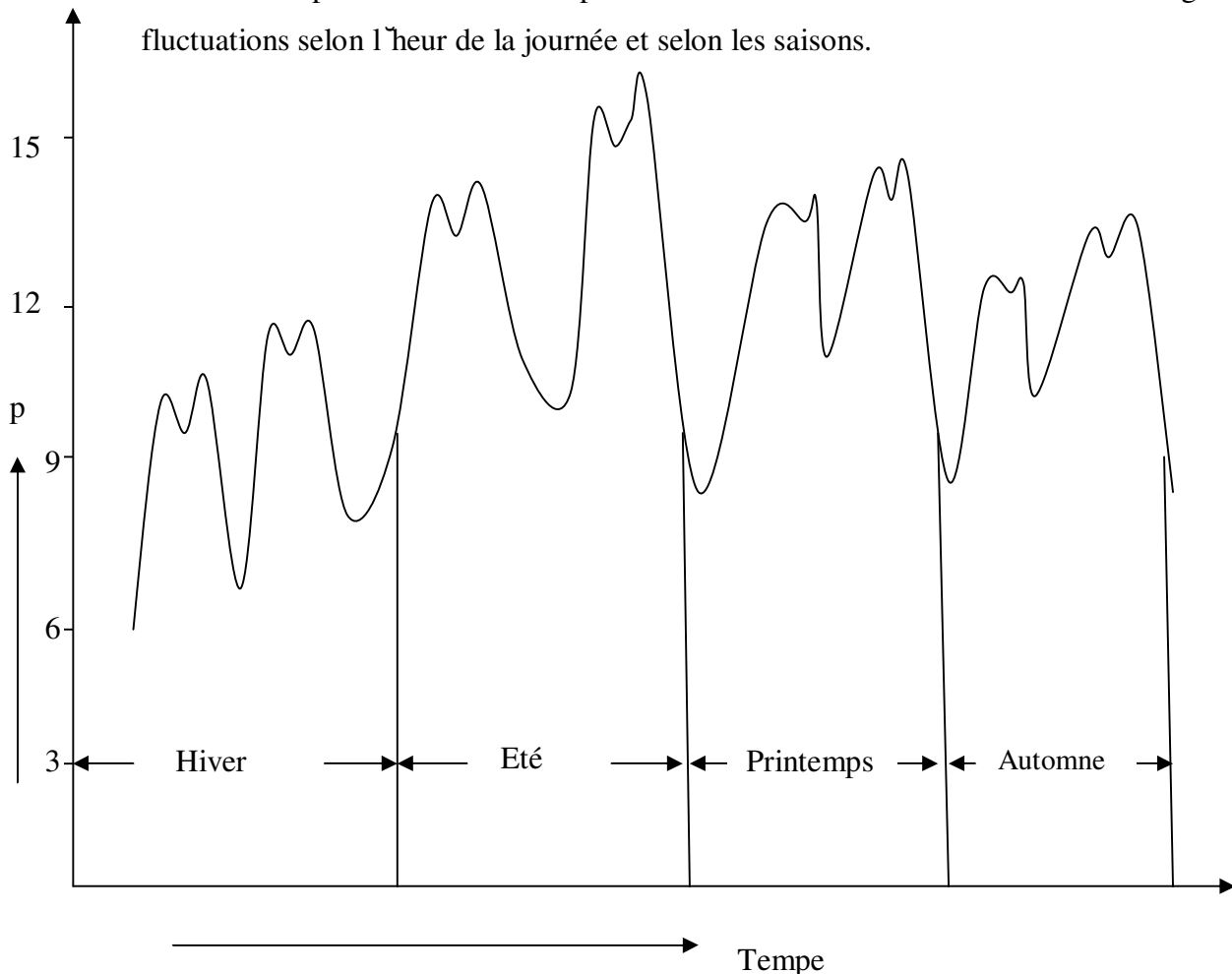
- Les très basses tensions : ce sont les tensions <50 volts.
- Les basses tensions de : 50 à 1000 volts.
- La moyenne tension de : 1000 à 50.000 volts.
- La haute tension de : 50 à 220 KV.
- La très haute tension : à partir de 220 KV.

**I.7La production de l'énergie électrique :****I.7.1. 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]

### .7.2 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 I.5** Fluctuation typiques de l'appel de puissance durant une année

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]

### I.7.3 La stabilité :

Les réseaux interconnectés forment un ensemble qui est plus puissant que les réseaux individuels il s'ensuit que ce grand réseau peut donc il est plus stable, par exemple si la charge augmente subitement sur les lignes d'interconnexion de sorte que la charge accrue, est supportée par les trois centrales au lieu d'une seule.[3]

T : turbine

G : générateur

d : disjoncteur

R : réseau

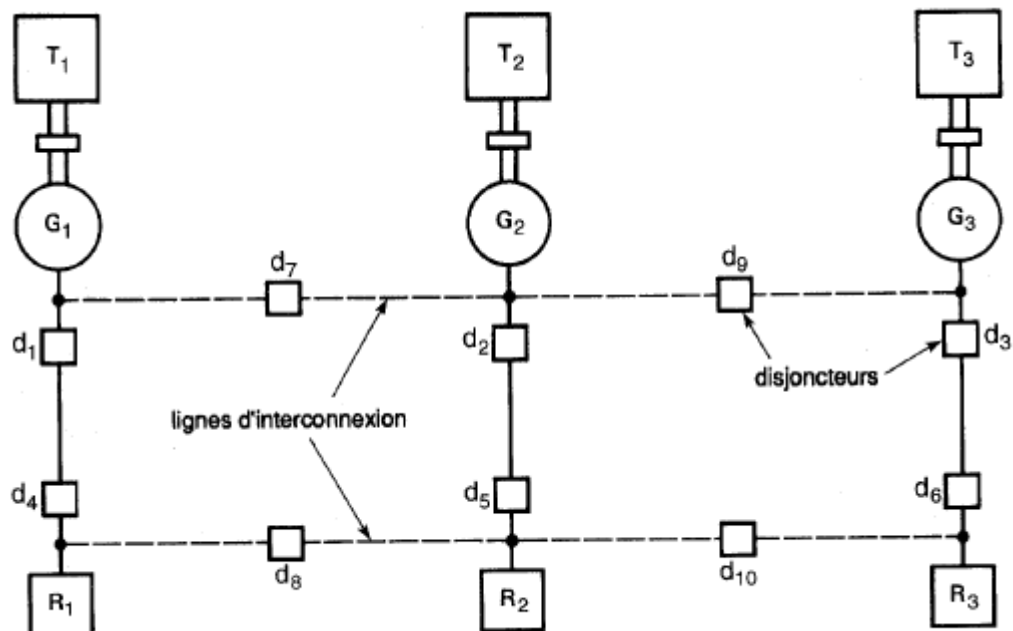


Figure I.6 Trois réseaux reliés par des lignes d'interconnexion[3]

### I.7.4 Continuité de service :

Si une centrale tombe en panne, ou si l'on doit la débrancher pour y faire de l'entretien, sa clientèle peut être alimentée temporairement par les autres centrales.[3]

### I.7.5 Economie :

Lorsque les réseaux sont reliés, on peut répartir la charge entre les centrales afin que le coût de fonctionnement soit minimal.[3]

### I.7.6 La panne :

Une panne majeure sur un réseau crée un état d'urgence et on doit réagir aussitôt afin que la perturbation n'atteigne pas d'autres réseaux la perte d'une grosse charge, la perte d'une grosse génératrice et l'ouverture inattendue d'une ligne d'interconnexion constituent des pannes majeures puis l'écroulement de réseau.[3]

### I.8 Les différents types d'énergie:

On distingue les énergies non renouvelables et les énergies renouvelables :

Les premières sont le pétrole, le gaz, le charbon, l'uranium (avec les technologies actuelles).

Les secondes couvrent l'hydraulique, la biomasse et les déchets, l'éolien, le solaire, le géothermique, les marées et les courants (marins ou des rivières). Toutes ces énergies ne sont pas utilisées de la même façon.[3]

#### I.8.1 Énergies non renouvelables :

Le pétrole ou le gaz naturel ne sont pas des énergies renouvelables car il faudrait des millions d'années pour reformer la quantité d'énergie fossile que l'on consomme actuellement. De même, l'énergie nucléaire n'est pas une énergie renouvelable car la réserve d'uranium disponible sur Terre est limitée.

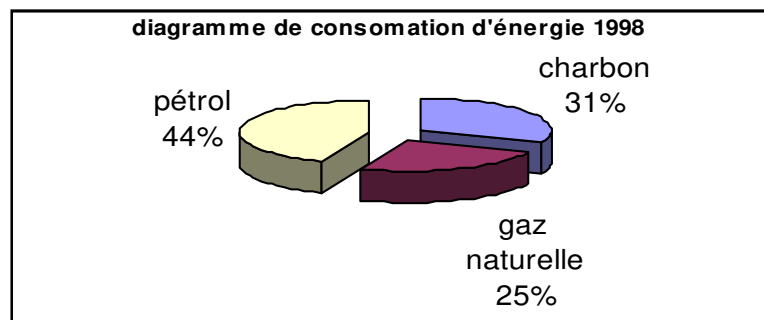


Figure I.7 Diagramme de consommation d'énergie on France 1998

L'énergie non renouvelable présente certains inconvénients:

L'énergie non renouvelable est une énergie non propre avec déchets, et provoquent la pollution de l'environnement.

Leurs coûts de fonctionnement sont très grands vu les entretiens réduits, ils nécessitent le combustible, transport, personnel hautement spécialisé. [3]

### I.8.2 Énergies renouvelables:

Une énergie renouvelable est une source d'énergie qui se renouvelle assez rapidement pour être considérée comme inépuisable à l'échelle de l'homme. Les énergies renouvelables sont issues de phénomènes naturels réguliers ou constants provoqués par les astres, principalement le Soleil (rayonnement), mais aussi la Lune (marée) et la Terre (énergie géothermique).

le caractère renouvelable d'une énergie dépend non seulement de la vitesse à laquelle la source se régénère, mais aussi de la vitesse à laquelle elle est consommée. Par exemple, le bois est une énergie renouvelable tant qu'on abat moins d'arbres qu'il n'en pousse. Le comportement des consommateurs d'énergie est donc un facteur à prendre en compte dans cette définition.

La notion d'énergie renouvelable est souvent confondue avec celle d'énergie propre. Or, même si une énergie peut être à la fois renouvelable et propre, toutes les énergies renouvelables ne sont pas nécessairement propres : par exemple, certains fluides frigorigènes utilisés dans les circuits des pompes à chaleur géothermiques sont des gaz qui, en cas de fuite, contribuent à l'effet de serre, et peuvent aussi détruire la couche d'ozone.

Les énergies renouvelables (bois, solaire, hydroélectricité...) proviennent principalement de l'énergie solaire (sauf la géothermie et l'énergie marémotrice). De plus, hormis l'énergie marémotrice qui provient de l'attraction combinée du Soleil et de la Lune, toutes les énergies renouvelables ont pour origine l'énergie nucléaire naturelle, provenant soit du soleil (par fusion nucléaire de l'hydrogène) ou de la Terre (par désintégration naturelle des roches de la croûte terrestre). On distingue plusieurs types d'énergie renouvelable:[3]

#### a) Énergie Éolienne:

L'énergie éolienne est l'énergie du vent et plus spécifiquement, l'énergie tirée du vent au moyen d'un dispositif aérogénérateur comme une éolienne ou un moulin à vent.

Elle peut être utilisée de deux manières : de manière directe et indirecte.

• Conservation de l'énergie mécanique : le vent est utilisé pour faire avancer un véhicule (navire à voile ou char à voile), pour pomper de l'eau (moulins de Majorque, éoliennes de pompage pour abreuver le bétail) ou pour faire tourner la meule d'un moulin (Figure I.8).

• Transformation en énergie électrique : l'éolienne (Figure I.9) est accouplée à un générateur électrique pour fabriquer un courant continu ou alternatif, le générateur est relié à un réseau électrique ou bien il fonctionne de manière autonome avec un générateur d'appoint (par exemple un groupe électrogène) et/ou un parc de batteries ou un autre dispositif de stockage d'énergie. [3]



**Figure I.8** moulins à vent



**Figure I.9** éolienne

**b) Énergie hydraulique:**

De nombreuses civilisations se sont servies de la force de l'eau, qui représentait une des sources d'énergie les plus importantes avant l'ère de l'électricité. Un exemple connu est celui des moulins à eau (Figure. I.10), placés le long des rivières. Aujourd'hui, bien que de nombreux sites aient été parfaitement équipés, cela ne suffit plus à compenser l'augmentation vertigineuse de la consommation. De nos jours l'énergie hydraulique est utilisée au niveau des barrages (Figure. I.11) et sert principalement à la production d'électricité. [3]



**Figure I.10** moulins à eau



**Figure I.11** un barrage

**c) Énergie de la biomasse:**

La biomasse est la 2ème énergie renouvelable dans le monde. Elle permet de produire de l'électricité, de la chaleur via la combustion de déchets et de résidus de matières organiques végétales ou animales.

Le terme de biomasse recouvre un champ très large de matières : bois (fige.12), déchets des industries de transformation du bois, déchets agricoles (pailles, lisiers, etc.), fraction fermentescible des déchets ménagers et des industries agro-alimentaires, biogaz de décharge ou produits de méthanisation (lisiers, boues d'épuration, décharges, ...).

L'avenir du bois-énergie passe aussi par la réalisation de réseaux de chaleur. Alimentés par des chaudières, ils distribuent de l'eau chaude pour les logements individuels et collectifs, les mairies, les écoles, les piscines, ect... [3]



**Figure I.12** le bois

**d) Énergie géothermique:**

Le principe consiste à extraire l'énergie géothermique contenue dans le sol pour l'utiliser sous forme de chauffage ou pour la transformer en électricité. La plus grande partie de la chaleur de la Terre est produite par la radioactivité naturelle des roches qui constituent la croûte terrestre : c'est l'énergie nucléaire produite par la désintégration de l'uranium, du thorium et du potassium.

Par rapport à d'autres énergies renouvelables, la géothermie présente l'avantage de ne pas dépendre des conditions atmosphériques (soleil, vent). Les gisements géothermiques ont une durée de vie de plusieurs dizaines d'années. [3]



**Figure I.13** Champ d'essais géothermiques

**e) Énergie solaire:**

L'énergie solaire photovoltaïque désigne l'électricité produite par transformation d'une partie du rayonnement solaire avec une cellule photovoltaïque. Plusieurs cellules sont reliées entre-elles sur un module solaire photovoltaïque, Plusieurs modules sont regroupés pour former une installation solaire chez un particulier ou dans une centrale solaire photovoltaïque, qui alimente un réseau de distribution électrique. Le terme photovoltaïque peut désigner soit le phénomène physique - l'effet photovoltaïque - ou la technologie associée. [3]



**Figure I.14** le Soleil, principale origine des énergies renouvelables

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 pour fournir à tous les utilisateurs une énergie uniforme à un niveau élevé de fiabilité et de service.

La perte du service électrique est 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 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 des systèmes de puissance est extrêmement large, il couvre tous les aspects de la capacité du système de répondre aux exigences des clients. L'évaluation de la fiabilité du système électrique peut être divisée en deux aspects de base : l'adéquation et la sécurité l'adéquation (l'équilibre) est reliée 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 des consommateurs. [1]

La sécurité est reliée 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 des systèmes de puissance sont dans le domaine de l'adéquation.

### **I. 9 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 a été donnée. La topologie des réseaux électriques joue un rôle important dans la stabilité des réseaux électriques et en la fin de chapitre on expliqué les défèrent type d'énergie ; ainsi que l'importance de l'étude de fiabilité et ca nécessité.

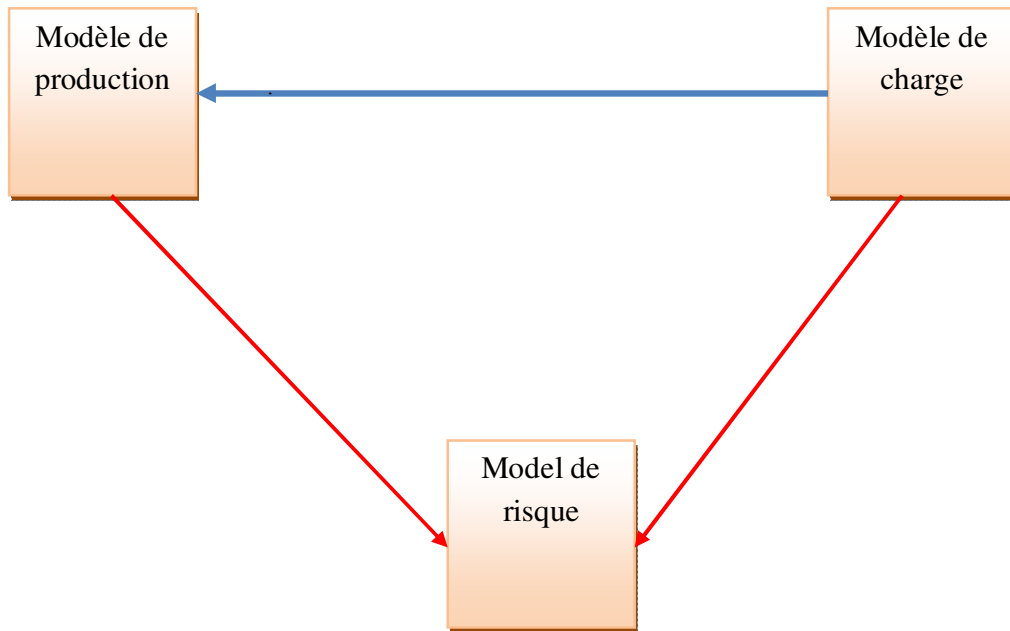
## II.1 Introduction :

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 en deux parties majeurs, la capacité statique et celle d'opération.

La capacité statique est relievé a l'étude de la demande a long terme. Hors que la capacité d'opération est relievé 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'études de court- terme de la demande d'énergies devinent le problème d'opération des systèmes électrique : la demande statique et la capacité installé planifié et construite en avance.

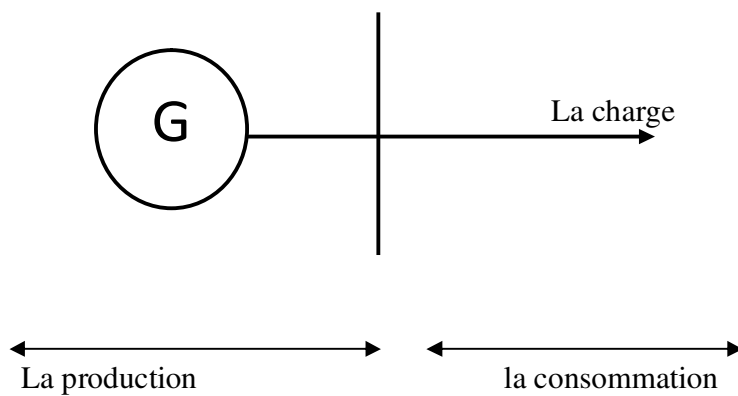
L'application des méthodes probabilistique au problème de la capacité statique donne une base analytique pour la planification de la capacité nécessaire pour la bonne fonction du système comme la capacité de l'interconnexion des systèmes, l'effet de la grandeur des unités (générateur) et leur désigne 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.

Dans cette étude on évalue la probabilité de la perte de charge. L'approche de base pour évaluation d'une certaine configuration adéquate a la demande d'énergie électrique et fondamentalement pour toute les techniques, elle contiens les trois voles comme représenté a la figure II. 1



**Figure II.1** : conceptuelle prend en générant évaluation de la fiabilité des capacités

La modèle de production est comniné a celui de la charge (figI) pour formé le modèle de risque approprié, dans cette étape d'étude le système est vue come représenté sur la figure II 2 : une production et une charge



**Figure II 2** : le modèle de système

## II.2 Le modèle de système de production [4]

### II.2.1 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.

$$U \text{ indisponibilité} = \frac{t}{T} = \frac{t}{T} = \frac{t}{T} = \frac{t}{T}$$

$$= \frac{\sum[\text{indisponibilité}]}{\sum[\text{temps}]} \quad \text{II.1 (a)}$$

$$A \text{ disponibilité} = \frac{t}{T} = \frac{t}{T} = \frac{t}{T} = \frac{t}{T}$$

$$= \frac{\sum[\text{temps}]}{\sum[\text{indisponibilité}]} \quad \text{II.1 (b)}$$

$\lambda$  = taux de panne

$\mu$  = taux de réparation

$\lambda$  = le temps moyen à l'échec = MTTF =  $1/\lambda$

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

$\lambda + \mu$  = le temps moyen entre deux pannes = MTBF =  $1/(\lambda + \mu)$

$\lambda$  = fréquence de cycle =  $1/T$

$T$  = temps de cycle =  $1/\lambda$

Les notions de disponibilité et d'indisponibilité comme illustré dans les équations II, 1 (a) et II.1 (b) sont associés au modèle simple à deux l'état de la figure. II, 3 (a). Ce modèle est directement applicable à une unité de génératrice de base qui est soit en service ou hors de service forcée. Les Pannes planifiées doivent être considérés séparément comme indiqué plus loin dans ce chapitre.

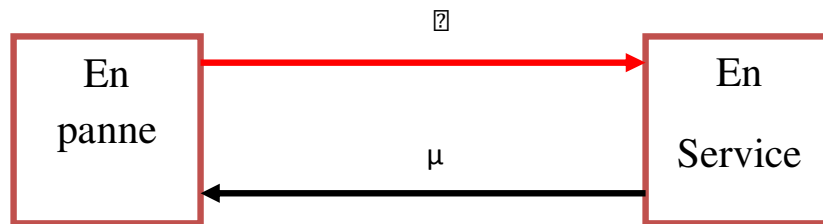


Figure II 3(a) : modèle à deux états d'une unité de charge de base

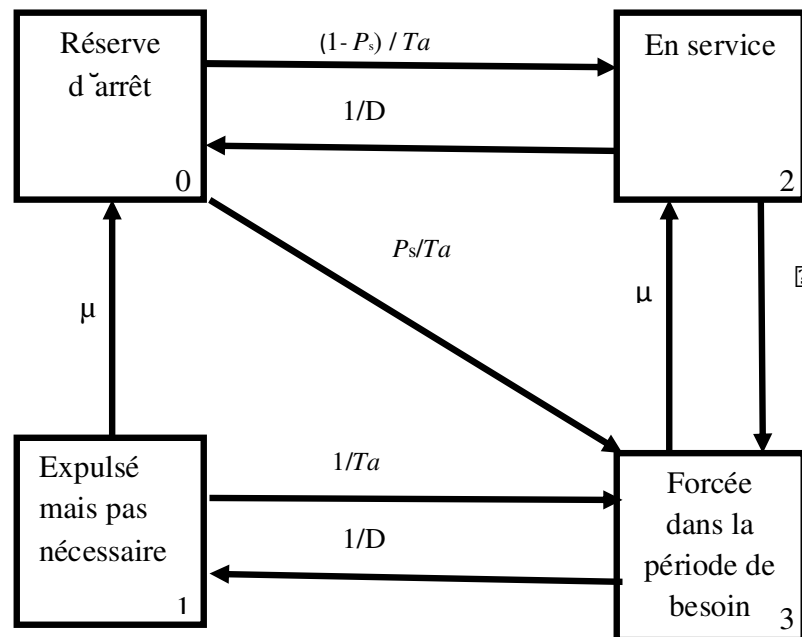


Figure II 3(b) : quatre modèles d'état pour la planification des études

$T_a$  : moyenne de réserve Temps d'arrêt entre les périodes de besoin

$D$  : moyenne temps de service par occasion de la demande

$P_s$  : probabilité de défaillance

La différence entre les figures II.3 (a) et II.3 (b) est dans l'inclusion de la réserve en 'arrêt' et « hors service forcés mais pas demandé » comme dans la Fig. II.3 (b). Dans le modèle des quatre-Etat, le modèle «à deux Etats» est représenté par les États 2 et 3 et les deux autres

Etats sont inclus pour modéliser l'effet du rapport cyclique relativement court. La condition d'échec de démarrage est représentée par le taux de transition de l'état 0 à l'état 3. 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.

### **II.2.2 Tableaux des probabilités d'interruption de la Capacité de production:[4]**

Le modèle de production nécessaire dans l'approche de la perte de la charge (loss of load approach) 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. Si toutes les unités dans le système sont identiques, le tableau de probabilités des capacités hors service peut être facilement obtenu en utilisant la distribution binomiale comme décrit dans les sections 3.3.7 et 3.3.8 du livre [5]. En pratique il est extrêmement peu probable, que toutes les unités dans un système seront identiques, cependant, la distribution binomiale est une application limitée.

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 a 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 II.1

**Tableau II.1** probabilité d'un système composé à deux générateurs

Capacité de service	Probabilité
0 MW	0.9604
3MW	0.0392
6MW	0.0004
	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 II.2 et II.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 II.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 favorable 0.02

**Tableau II.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
	0.980000

**Tableau II.3** générateur de 5MW or service (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
	0.020000

Le tableau peut être tronquée en omettant toutes les pannes de capacité pour lesquelles la probabilité cumulée est inférieur à un montant spécifié (Exemple :  $10^{-8}$ ). Il en résulte également une économie considérable du temps de calcul au fur et a mesure que le tableau est tronqué à chaque unité ajouté. La probabilité d'interruption des capacités peuvent être additionnés chaque fois une unité est ajouter, 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.



**Tableau II.4 :** Capacité panne table de probabilités pour le système de trois unités  
Capacité à de service

Capacité hors service	probabilité	Probabilité cumulative
0	0.941192	1.000000
3	0.038416	0.058808
5	0.019208	0.020392
6	0.000392	0.001184
8	0.000008	0.000792
11	1.000000	0.000008

## II.4 Les Indices de perte de charge (Loss of load indices)[4]

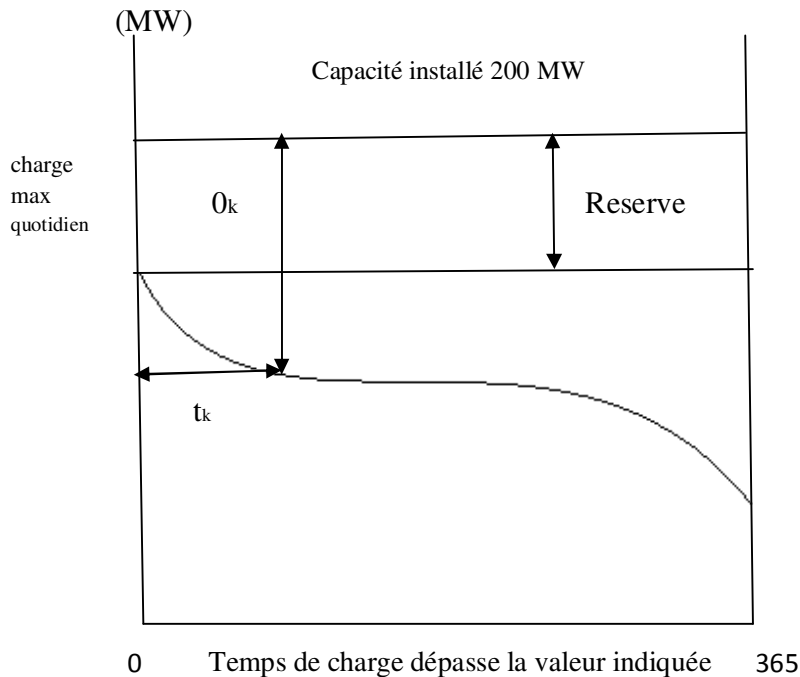
### II.4.1 Concepts et techniques d'évaluation

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 des 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 disposés 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 utilisé 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 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 II.4 :** 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 II.4 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 par un montant 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. 2.4 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 résulte de la perte

(panne) de la capacité  $Q_k$  est  $(p_k \cdot t_k)$  ou  $p_k$  sont les probabilités individuelles associées a l'indisponibilité des capacités  $Q_k$ . L'indice (LOLE) total pour l'intervalle considéré est :

$$LOLE = \sum_{k=1}^n p_k \cdot t_k \quad \text{Eq II.2}$$

L'équation peut être modifiée pour utiliser le cumulatif des probabilités. Dans ce cas :

$$LOLE = \sum_{k=1}^n P_k - P_n - 1 \quad \text{Eq II.3}$$

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

Si la caractéristique de charge dans la Fig. II.4 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 a été réalisé, la table de probabilités de panne des capacités serait valable pour la période entière.

L'effet de la maintenance de l'unité est discuté à la section 2.6.

#### II.4.2 Exemples numériques[4]

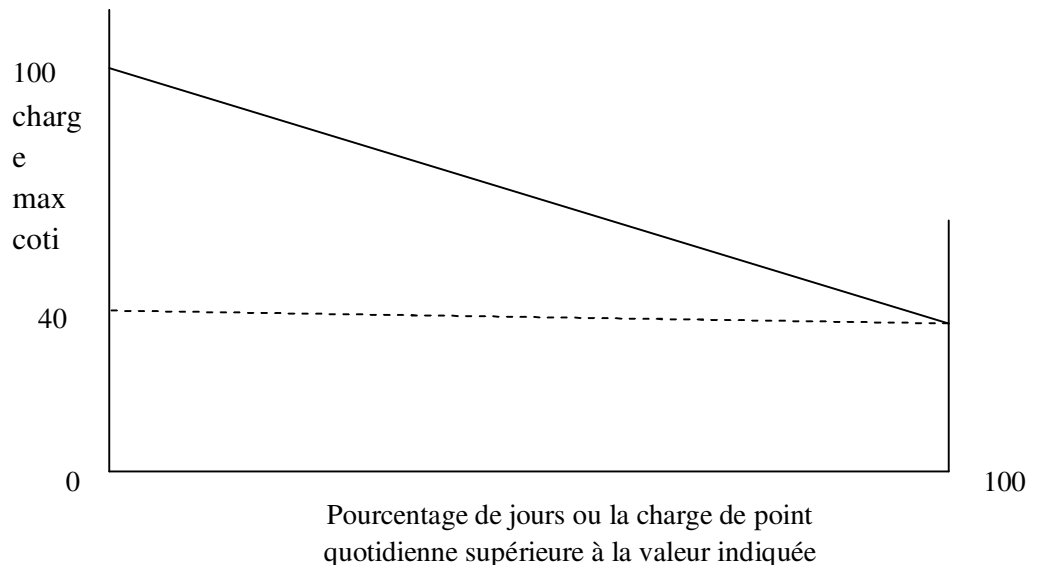
##### (A) Etude de base

L'application des équations (II.2) et (II.3) peut être illustré par un exemple numérique simple. Considérons un système contenant cinq unités de 40 MW chacune avec un taux de panne forcée de 0,01. La table de probabilités de panne des capacités de ce système est montrée dans le tableau II.5

**Tableau II.5** probabilité d'un système compose a cinq générateur

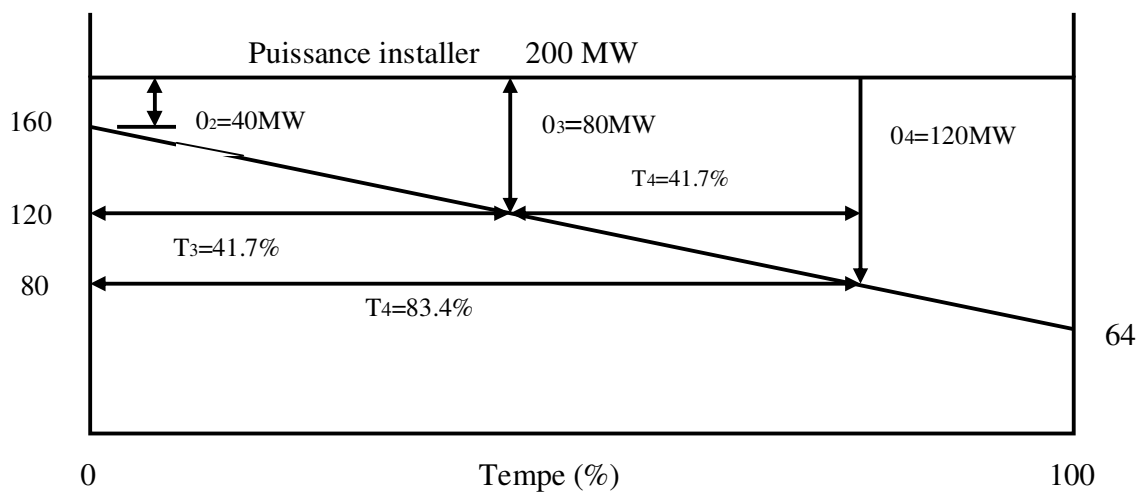
Capacité de centrale on panne	probabilité	la cumul de prob
0	0.950991	1.000000
40	0.048029	0.049009
80	0.000791	0.000980
120	0.000009	0.000009
	1.000000	

Les valeurs de probabilité inférieure à  $10^{-6}$  ont été négligés. Le modèle de charge du système est représenté par la courbe de variation de pic de charge quotidienne représenté dans la Fig. II.5



**Figure II.5 :** la courbe de variation de pic de charge quotidienne

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



**Figure II.6 :** périodes de temps ou les pane ce produise

**Tableau II.6 : LOLE en utilisant les probabilités individuelles**

Capacité de centrale on panne(MW)	Capacité de central on service(MW)	Probabilité individuel	Tk (%)	LOLE (%)
0	200	0.950991	0	-
40	160	0.048029	0	-
80	120	0.000971	41.7	0.0404907
120	80	0.000009	83.4	0.0007506
		1.000000		0.0412413

La période d'étude dans ce cas est supposé être un an et donc de 100% sur l'abscisse correspond à 365 jours. Dans de nombreuses études, les week-ends et les jours fériés sont négligée car leur contribution à LOLE est négligeable. Le laps de temps du modèle de génération est alors environ 260 jours. La charge demandée maximale pour ce système est de 160 MW, ce qui correspond à la condition 100% en ordonnée. Le LOLE peuvent être trouvés 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 II.6 indique le calcul à l'aide de L'équation (II.2). Le temps des périodes tk. Sont présenté dans la Fig. II.6.

L'indice LOLE total du system est de 0.0412413% en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 0.150410 jours ou 6,65 ans par jour.

Si les valeurs de probabilité cumulatives sont utilisées, les quantités de temps utilisées sont l'intervalle ou l'augmentation du temps réduit représenté par tk dans la Fig. II.6. La procédure est montrée dans le tableau II.7.

**Tableau II.7 : LOLE en utilisant les probabilités de cumul**

Capacité de centrale on panne (MW)	Capacité de central on service(MW)	La cumule de probabilité	Tk (%)	LOLE
0	200	0.950991	0	-
40	160	0.048029	0	-
80	120	0.000971	41.7	0.0408660
120	80	0.000009	41.7	0.0003753
		1.000000		0.0412413%

Le LOLE de 0.0412413% est identique à la valeur obtenue précédemment. Les deux techniques sont présentées aisément pour illustrer que l'approche retenue fourni les mêmes résultats.

**(b) Etudes de sensibilité**

La charge maximale du système dans l'exemple ci-dessus est de 160 MW. Le tableau II.8 montre la variation de risque en fonction de la charge de pointe. La caractéristique de charge pour chaque charge de pointe prévue est celle de la figure. II.5. LOLE est calculé sur une base annuelle en supposant 365 jours dans l'année. Ces résultats peuvent être mieux affichés sous la forme d'un graphique comme indiqué à la Fig. II. 7.

Le risque du système pour une composition de capacité donnée et pour une charge maximale prévue est dépendant des valeurs de non-disponibilité des unités individuelles. Cet effet est illustré dans le tableau II.10. Les valeurs de LOLE pour une gamme de niveaux de charge de pointe sont présentées en fonction du taux d'interruption forcée de l'unité en utilisant le système de tableau II.9.

**Tableau II.8:**  
résultats de l'étude de sensibilité

<b>Charge de Pic du Système (MW)</b>	<b>LOLE (jour/an)</b>	<b>LOLE (an/jour)</b>
200.0	6.083	0.16
190.0	4.837	0.21
180.0	3.447	0.29
170.0	1.895	0.53
160.0	0.1506	6.64
150.0	0.1208	8.28
140.0	0.08687	11.51
130.0	0.04772	20.96
120.0	0.002005	498
110.0	0.001644	608
100.0	0.001210	826

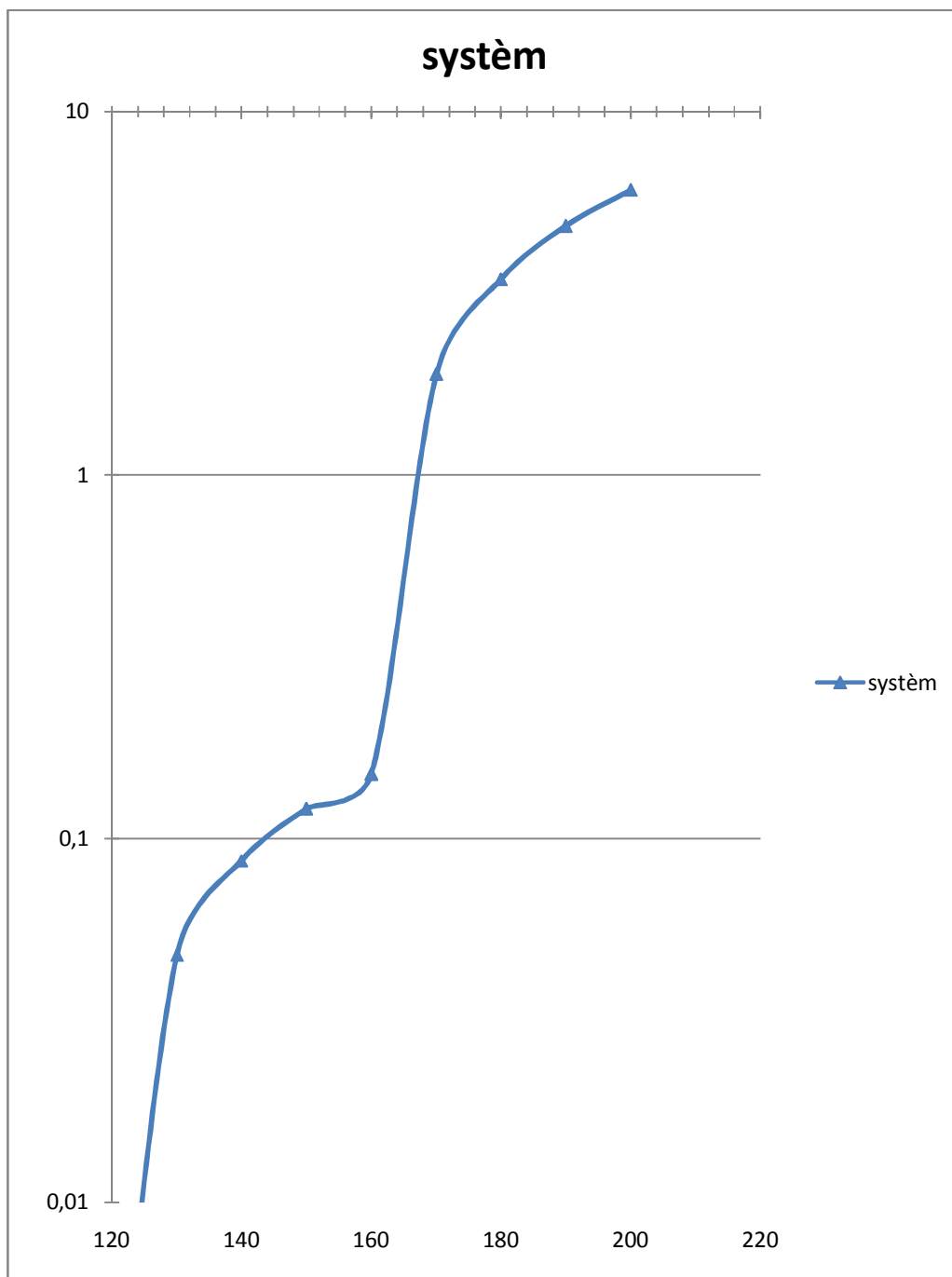


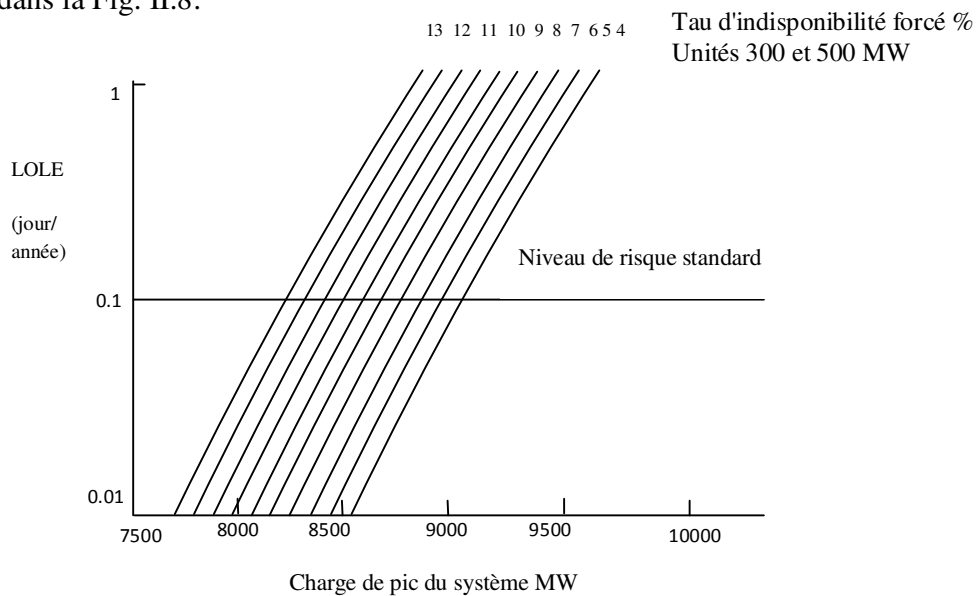
Figure II.7 Variation du risque avec la charge de pointe



**Tableau II.9 :** Effet du tau de panne forcée et la charge de pic du système

Charge de Pic du Système (MW)	Degré du Risque du système				
	Tau de panne forcée				
	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05
200.0	6.083	12.165	18.247	24.330	30.411
190.0	4.834	9.727	14.683	19.696	24.764
180.0	3.446	7.024	10.729	14.556	18.502
170.0	1.895	3.998	6.304	8.804	11.494
160.0	0.150	0.596	1.328	2.337	3.614
150.0	0.121	0.480	1.073	1.894	2.939
140.0	0.087	0.473	0.781	1.388	2.167
130.0	0.048	0.195	0.445	0.805	1.278
120.0	0.002	0.016	0.053	0.124	0.240

Le système utilisé dans cet exemple est très petit et donc l'effet de la fiabilité des unités de production est délicatement prononcé. Cet effet peut aussi être très considérable dans un grand système, si les grandes unités ont des taux d'indisponibilité forcée important. Cela est représenté dans la Fig. II.8.



**Figure II.8 :** LOLE en fonction du Tau d'indisponibilité forcé

Le système dans ce cas a une capacité installée totale de 10100 MW. Les plus grandes unités ont des capacités de 300 MW et 500 MW et leur taux d'indisponibilité forcé ont été variés, comme illustré. Le profil de risque en fonction de la charge de pointe est à peu près une ligne droite montré dans la Fig. 2,8 par rapport à la caractéristique étalé dans la Fig.II.7. Un grand système avec une large gamme de tailles des capacités d'unité procède une table de probabilité de coupure continue qui montre un lisse profil de risque. Il peut toutefois être perturbé par l'introduction d'une unité relativement grande.

Le PLCC : (peak load carrying capability) La charge maximale qui peut être alimentée, cet indice peut être déterminée comme une fonction du niveau de risque. Dans le système de la Fig. 2.8 Le PLCC à un niveau de risque de 0,1 jours par an est égale à 9006 MW pour les taux d'arrêts forcés de 0,04. Le tableau II.9 montre la variation dans le PLCC pour les valeurs de 0,04 à 0,13. La diminution du PLCC est de 815 MW. Si la charge de pointe prévue est de 9000 MW et les taux d'arrêt forcé des grandes unités sont de 0,13, alors ce système doit installer environ 1000 MW de capacité supplémentaire pour satisfaire un niveau de risque de 0,1 jours/an.

**Le tableau II.10 : changes in PLCC**

<b>Tau d'indisponibilité forcé %</b>	<b>Charge de pic (MW)</b>	<b>Différence (MW)</b>	<b>Cumule de différence (MW )</b>
4	9006	-	-
5	8895	111	111
6	8793	102	213
7	8693	100	313
8	8602	91	404
9	8513	89	493
10	8427	86	579
11	8345	82	661
12	8267	78	739
13	8191	76	815

## II.5 Analyse d'expansion des capacités [4]

### II.5.1 Les techniques d'évaluation

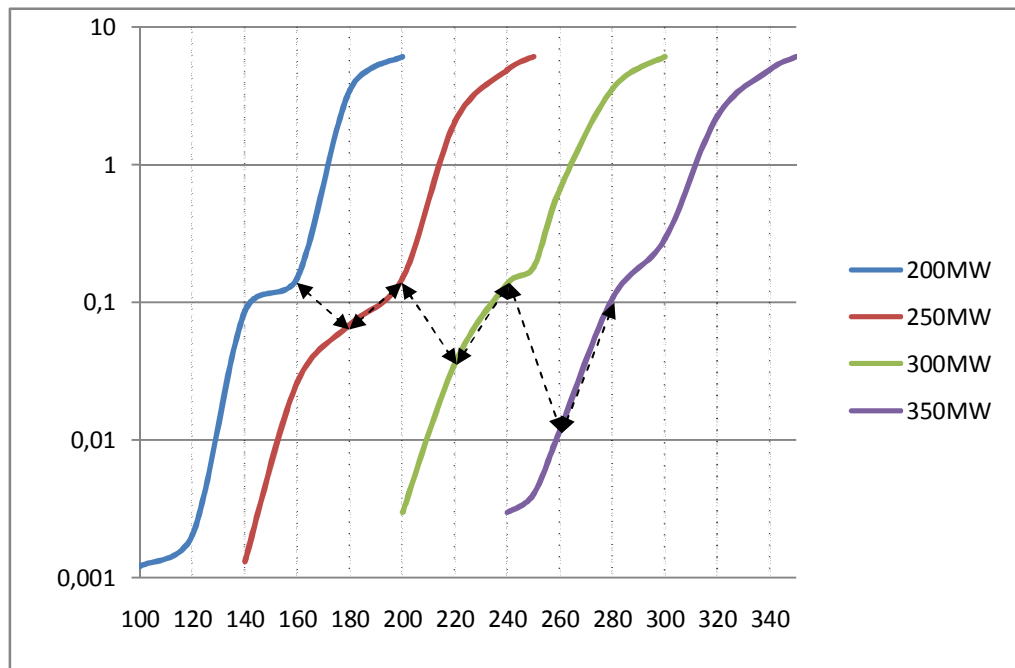
La période de temps nécessaire pour concevoir, construire et commander une grande station de production d'énergie électrique peut être assez longue (5 à 10 ans) en fonction de l'environnement et les exigences réglementaires. Il devient donc nécessaire pour déterminer les requêtes du système considérablement à l'avance pour une éventuelle extension du system réellement installé en service. La charge actuelle étendu à la future est aussi incertaine et devrait être considéré comme une variable aléatoire.

Le concept d'analyse d'extension de la capacité peut être illustré à l'aide du système de cinq unités de 40 MW, décrit dans le tableau II.11. Supposons qu'il a été décidé d'ajouter d'autres unités de 50 MW avec des taux de pannes forcées de 0,01 pour répondre à une projection de croissance future de la charge de 10% par an. La question est : dans quelles années les unités doivent être mie en service dans le but d'atteindre un niveau de risque accepté pour le système? La variation du risque au niveau de l'addition successive des unités de 50 MW est dévoilée dans le tableau II.11 pour une gamme des charges de pointe du système en extension. Le LOLE est exprimée en jours pour une année de 365 jours. La caractéristique de charge est la courbe de variation des charges de pointe journalière en utilisant une ligne droite à partir de 100% à 40%.

Les résultats dans le tableau II.11 peut de nouveau être affiché sous la forme d'un graphique comme le montre la Fig. II.9

**Le tableau II.11** La variation du risque au niveau de l'addition successive des unités de 50 MW est dévoilé

Charge maximal	200MW	250MW	300MW	350MW
100	0,00121	-	-	-
120	0,00205	-	-	-
140	0,08686	0,00131	-	-
160	0,1506	0,02625	-	-
180	3,447	0,06858	-	-
200	6,083	0,1505	0,0029960	-
220	-	2,058	0,03615	-
240	-	4,853	0,1361	0,00298
250	-	6,083	0,18	0,004034
260	-	-	0,661	0,01175
280	-	-	3,566	0,1075
300	-	-	6,082	0,2904
320	-	-	-	2,248
340	-	-	-	4,88
350	-	-	-	6,083



**Figure. II.9 :** variation du risque avec des ajouts d'unités

La charge de pointe annuelle pour chacune des huit prochaines années est indiquée dans le tableau II.12

**Le tableau II.12 :** La charge de pointe annuelle pour chacune des huit prochaines années

Numéro de l'année	La charge de pointe prévisions (MW)
1	160
2	176
3	193.6
4	213.0
5	234.3
6	257.5
7	283.1
8	311.4

L'hypothèse selon laquelle une capacité installée de 200 MW est suffisante pour un système de charge maximale de 160 MW, avec un critère de risque de 0.15 jours/an. Ce

niveau de risque peut être utilisé pour mesurer l'adéquation de la capacité du système dans les années successives à la future. Il doit être réalisé que n'importe quel niveau de risque aurait pu être sélectionné. Le choix actuel est une décision de gestion. En utilisant le critère de 0,15 jours/an, le calendrier des unités ajoutées peuvent être obtenus en utilisant la figure. II.9. Cette extension est montré dans le tableau II.12.

**Le tableau II.13 : expansion de la production des résultats**

Année	Unité ajoutée (MW)	Capacité de système (MW)	Charge de point (MW)	LOLE (jour/anée)
1	-	200	160.0	0.15
2	-	200	176.0	2.9
	50	250	176.0	0.058
3	-	250	193.0	0.11
4	-	250	213.0	0.73
	50	300	213.0	0.011
5	-	300	234.3	0.11
6	-	300	257.4	0.55
	50	350	257.4	0.009
7	-	350	283.1	0.125
8	-	350	311.4	0.96

La majoration en ajoutons les unités de 50 MW devrait être faites dans les années 2, 4 et 6. La variation du niveau de risque annuel est représentée par les lignes pointillées dans la figure. 2,11. Cette étude particulière sur l'expansion représente un cas un peu idéalisé. La valeur actuelle de ce régime particulier devra être comparée avec d'autres régimes afin de déterminer l'optimum motif d'expansion pour le système en étude.

L'étude d'expansion devrait couvrir une assez longue période dans l'avenir afin d'établir une évaluation réaliste de la valeur actuelle et pour minimiser les effets de perturbation cette étude doit aussi prendre en considération les effets de perturbation provoquée par l'ajout de différentes dimensions des unités qui peuvent être introduite dans le système (unités de 20MW, unités 30MW ...ect).

## II.6 Indices de perte d'énergie[4]

### II.6.1 Évaluation des indices d'énergie

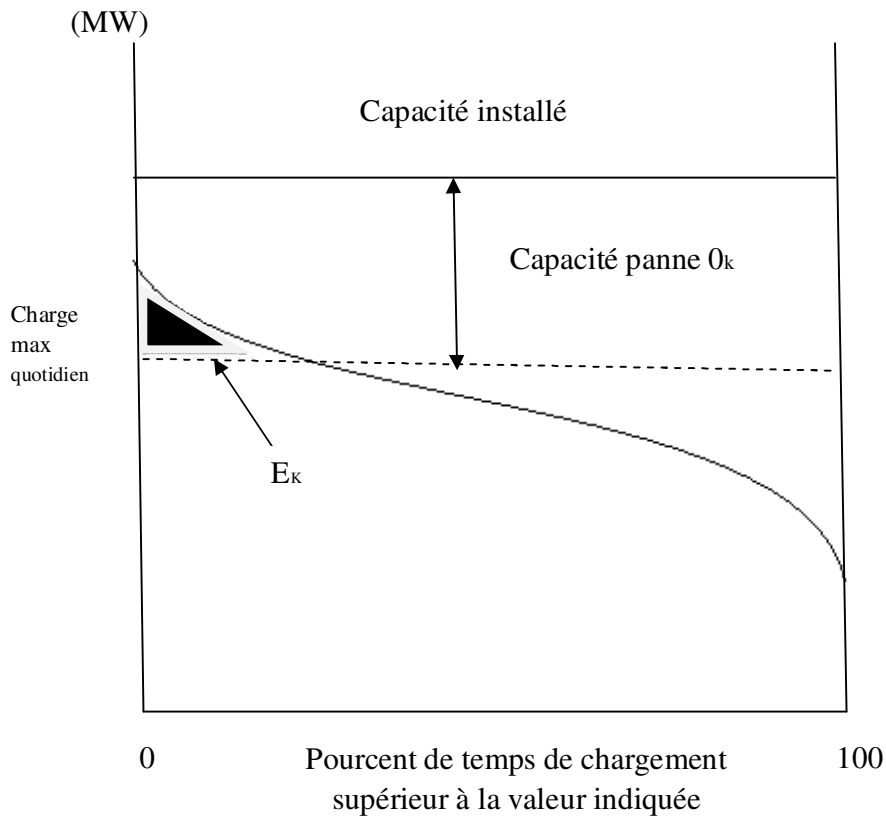
L'approche standard de LOLE utilise la courbe de variation du pic quotidien de charge ou la courbe des charges de pointe individuels quotidiennes pour calculer le nombre prévu de jours dans la période d'étude ou la charge de pointe journalière dépasse la capacité disponible installée. L'indice LOLE peut 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 rependre 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 un an. 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. II.10. 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 a .  $Q_k$



**Figure II.10 :** réduction d'énergie en raison des capacités état panne

Cette limitation de l'énergie produite est donnée par la zone hachurée sur la Figure.

II.10

L'énergie probablement réduite est  $E_k \cdot P_k$ . 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:

$$LOEE = \sum_{k=1}^n P_k \cdot E_k \quad \text{Eq (II.4)}$$

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

$$LOEE_{\%} = \frac{\sum_{k=1}^n P_k \cdot E_k}{E_{\text{total}}} \quad \text{Eq (II.5) [4]}$$



### **II.7. Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons exposé l'importance la théorie des probabilités 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. Et en suit 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 fian 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 sur un système de production.

### III .1 Introduction :

Dans ce présent chapitre, nous allons exposer une application sur un système pratique de production. L'application utilise le système test de Roy Billinton, on appliquant la théorie présenté au chapitre précédant pour le calcul des indices de fiabilité introduit ultérieurement du système sous étude. Finalement les résultats sont calculé et l'interprétation.

### III. 2 Application sur le RBTS « système de test de Roy Billinton » :

Dans cette section l'application utilise le système test le bien-known de Roy Billinton (RBTS : Roy Billinton test system) conçue pour les études de fiabilité. Les descriptions détaillées de ce système sont donnés dans [6]. Ce system (RBTS) est un système de test éducatif développé par le groupe de recherche sur les systèmes d'alimentation à l'Université de la Saskatchewan.au Canada Ce système est suffisamment simple pour permettre d'effectuer d'un grand nombre d'études de fiabilité avec un temps de solution raisonnable il est suffisamment détaillé pour refléter les complexités réelles impliquées dans une analyse de fiabilité pratique.

Le schéma unifilaire de l'(RBTS) est montré à la figure III.1 Le (RBTS) et bien décrit dans la référence [6] il contient deux bus génération, cinq bus de charge (dont l'un est aussi un bus générateur), neuf lignes de transmission et onze unités génératrices de production. La capacité totale installée de 240 MW est avec une charge de pointe du système de 185MW. Le niveau de tension de transmission est 230KV. Les données détaillées du générateur, du bus de données et les données des stations de ce système sont donnés ci-après.

**Tableau III .1** : Données techniques du système de production

Unité de Production	U Disponibilité	A indisponibilité	≅ p/an Taux de panne	μ r/an: Taux de Réparation	Capacité MW
1	0.97	0.03	6	194	40
2	0.97	0.03	6	194	40
3	0.975	0.025	5	195	20
4	0.98	0.02	4	196	10
5	0.98	0.02	3	147	40
6	0.985	0.015	2.4	157.6	20
7	0.985	0.015	2.4	157.6	20
8	0.985	0.015	2.4	157.6	20
9	0.985	0.015	2.4	157.6	20
10	0.99	0.01	2	198	5
11	0.99	0.01	2	198	5

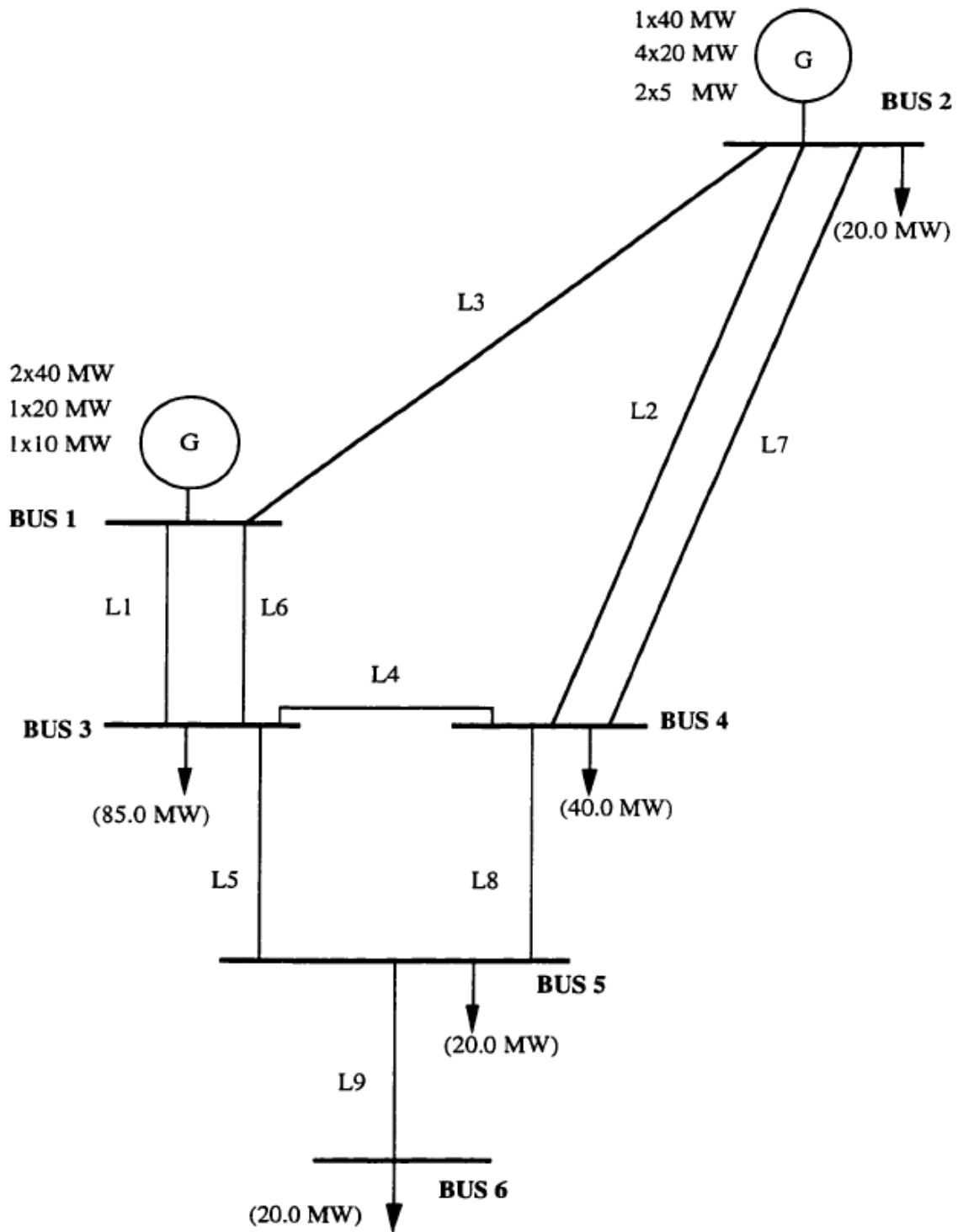


Figure III 1 : le schéma unifilaire du system teste

**III.3. Le développement des réseaux de distribution pour les RBTS :**

La configuration du R.B.T.S comprend 5 jeux de barres de charge (BUS2-BUS-6). Les deux réseaux de distribution au niveau des jeux de bar 2 et 4, en été développé [6]. Le réseau de distribution au niveau du jeu de bar 3 du RBTS représente un système typique industriel et une grande distribution de charge maximale de 85MW. Le jeu de bar 3 comporte des industriels, gros consommateurs, immeubles de bureaux, des clients résidentiels et des clients commerciaux. Le réseau de distribution au niveau du jeu de bar 5 représente un réseau de type urbain typique composé de clients résidentiels, gouvernementaux et industriels, immeuble de bureaux et commerciaux. La charge maximale du système de distribution au bus 5 est de 20 MW. Le réseau de distribution au jeu de bar 6 est un réseau rural typique d'agriculture, des petits clients industriels, commerciaux et résidentiels. La charge de pointe de ce réseau est de 20 MW.

**Tableau III .2 : LOLE individuel**

Etats												Individuel Probabilité	Cumulative Probabilité	capacité en service	capacité hors service	Tk individuel	LOLE Individuel
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,812859614	0,99925132	240	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,008210703	0,18639171	235	5	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,008210703	1,78E-01	235	5	0	0
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,016588972	1,70E-01	230	10	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	8,29E-05	1,53E-01	230	10	0	0
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0,000167565	1,53E-01	225	15	0	0
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,000167565	1,53E-01	225	15	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,020842554	1,53E-01	220	20	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,012378573	1,32E-01	220	20	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,012378573	1,20E-01	220	20	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,012378573	1,07E-01	220	20	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,012378573	9,50E-02	220	20	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0,000210531	8,26E-02	215	25	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0,000125036	8,24E-02	215	25	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0,000125036	8,23E-02	215	25	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0,000125036	8,21E-02	215	25	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0,000125036	8,20E-02	215	25	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,000210531	8,19E-02	215	25	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,000125036	8,17E-02	215	25	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,000125036	8,16E-02	215	25	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,000125036	8,14E-02	215	25	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,000125036	8,13E-02	215	25	0	0
	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,000425358	8,12E-02	210	30	0	0
	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0,000252624	8,08E-02	210	30	0	0
	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0,000252624	8,05E-02	210	30	0	0
	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0,000252624	8,03E-02	210	30	0	0
	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0,000252624	8,00E-02	210	30	0	0
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,025139988	7,97E-02	200	40	0	0
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,025139988	5,46E-02	200	40	0	0
	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,016588972	2,95E-02	200	40	0	0
	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0,000317399	1,29E-02	200	40	0	0
	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0,000317399	1,26E-02	200	40	0	0
	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0,000188506	1,22E-02	200	40	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0,000317399	1,21E-02	200	40	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0,000188506	1,17E-02	200	40	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0,000188506	1,16E-02	200	40	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0,000317399	1,14E-02	200	40	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0,000188506	1,10E-02	200	40	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0,000188506	1,09E-02	200	40	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0,000188506	1,07E-02	200	40	0	0
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,000253939	1,05E-02	195	45	0	0
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,000253939	1,02E-02	195	45	0	0

0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0,000167565	9,97E-03	195	45	0	0	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,000253939	9,80E-03	195	45	0	0	
,0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,000253939	9,55E-03	195	45	0	0	
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,000167565	9,30E-03	195	45	0	0	
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,000513061	9,13E-03	190	50	0	0	
0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,000513061	8,62E-03	190	50	0	0	
0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0,00033855	8,10E-03	190	50	0	0	
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000644615	7,76E-03	180	60	16,44144144	0,010598401	
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000644615	7,12E-03	180	60	16,44144144	0,010598401	
0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0,000425358	6,47E-03	180	60	16,44144144	0,006993503	
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,000382842	6,05E-03	180	60	16,44144144	0,006294482	
0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,000382842	5,67E-03	180	60	16,44144144	0,006294482	
0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0,000252624	5,28E-03	180	60	16,44144144	0,004153502	
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,000382842	5,03E-03	180	60	16,44144144	0,006294482	
0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,000382842	4,65E-03	180	60	16,44144144	0,006294482	
0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0,000252624	4,27E-03	180	60	16,44144144	0,004153502	
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,000382842	4,01E-03	180	60	16,44144144	0,006294482	
0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,000382842	3,63E-03	180	60	16,44144144	0,006294482	
0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0,000252624	3,25E-03	180	60	16,44144144	0,004153502	
1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,000382842	2,99E-03	180	60	16,44144144	0,006294482	
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,000382842	2,61E-03	180	60	16,44144144	0,006294482	
0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0,000252624	2,23E-03	180	60	16,44144144	0,004153502	
1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1,32E-05	1,98E-03	170	70	49,32432432	0,000648882	
0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1,32E-05	1,96E-03	170	70	49,32432432	0,000648882	
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000777525	1,95E-03	160	80	82,20720721	0,063918192	
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,000513061	1,17E-03	160	80	82,20720721	0,04217731	
0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,000513061	6,59E-04	160	80	82,20720721	0,04217731	
1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1,59E-05	1,46E-04	150	90	115,0900901	0,001826234	
1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1,05E-05	1,30E-04	150	90	115,0900901	0,001205066	
0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1,05E-05	1,20E-04	150	90	115,0900901	0,001205066	
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1,99E-05	1,09E-04	140	100	147,972973	0,00295007	
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1,32E-05	8,95E-05	140	100	147,972973	0,001946645	
0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1,32E-05	7,64E-05	140	100	147,972973	0,001946645	
1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1,18E-05	6,32E-05	140	100	147,972973	0,001752072	
1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1,18E-05	5,14E-05	140	100	147,972973	0,001752072	
1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1,18E-05	3,95E-05	140	100	147,972973	0,001752072	
1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1,18E-05	2,77E-05	140	100	147,972973	0,001752072	
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1,59E-05	1,59E-05	120	120	213,7387387	0,003391578	
																Total	0,266210336

**Tableau III .3 : LOLE cumulative**

capacité en service	capacité en panne	Individuel Probabilité	Cumulative Probabilité	Tk individuel	Tk Cumulative	LOLE Cumulative
180	60	0.005787824	0.00776	16,44144144	16,44144144	0.128
170	70	2.63E-05	0.00197	49,32432432	32,88288288	0.0649
160	80	0.00108	0.00195	82,20720721	32,88288288	0.0640
150	90	3.68E-05	0.000146	115,0900901	32,88288288	0.00481
140	100	9,36E-05	0.000109	147,972973	32,88288288	0.00360
120	120	1,58679E-05	1,58679E-05	213,7387387	65,76576577	0.00104
						0.266

#### III.4. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté l'application de la théorie des probabilités sur un système électrique, ce système est appelé système test de Roy Billinton RBTS, les données du system sont représenté en détaille.

Le bute de l'approche de base pour l'étude de la fiabilité du système de production est le développement d'un model de capacité et la convolution de ce model avec le model de la charge pour la production de l'index de risque. Le model de capacité fondamental de base pour un système de production et le tableau des probabilités d'interruption de la Capacité de production. Le tableau III.2 montre le model de base des capacités pour le système RBTS obtenue en utilisant le modèle à deux états pour chaque unité de production. Dans le tableau III.2, seulement les valeurs supérieur a  $10^{-5}$  en été pris en considération cette méthode est utiliser pour la réduction du nombre des sorties qui en une faible probabilité de ce produire. Le tableau représente aussi l'indice de perte de charge (LOLE) calculé en utilisant les probabilité individuel des différentes états du système en jour/an du système de test de Roy billinton a un pic de charge de 185 MW. Ces valeurs en été obtenue en utilisant la courbe de variation de pic de charge quotidienne ces valeurs peuvent être considérées comme les résultats pour le system de production sous étude.

Le tableau III. 3 montre le calcule de l'indice de perte de charge LOLE en utilisant les probabilités cumulative, une comparaisant des résultats des deux différentes méthodes montre que les résultats sont identique.

## *Conclusion générale*

Dans cette thèse on a présenté un ensemble d'indices de fiabilité pour les systèmes de production. Une application des théories sur le système teste de Roy Billinton conçue spécialement pour les études de fiabilités des systèmes électriques. Le système teste utilisé est suffisamment simple et petit pour de telles études pour les étudiants en graduation et post graduation. L'effort présenté dans cette thèse représente un travail complétant de base pour les travaux qui ont été effectués au paravent et aussi une base pour les étudiants qui viennent par la suite pour continuer sur la même trajectoire afin de compléter l'image sur l'étude de la fiabilité des systèmes électriques. L'effort représenté dans cette thèse montre un effort de calcul d'indices de fiabilité des systèmes de production d'énergie électrique, et une programmation par ordinateur des différents modèles de service, de panne et de charge pour le calcul.

Une étude comparative pour l'application de différents cas et de différentes méthodes pour l'évaluation de la fiabilité peuvent être investie pour de futures applications dans le domaine.



## Bibliographie

---

[1] Charif Imad Eddine « Evaluation de fiabilité de réseau électrique de distribution de Biskra »

Mémoire de fin de d'étude d'ingénieur d'état, juin 2009

[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, juin 2009

[3] maouche Khaled - hicher Saad « simulation des réseaux électriques par matlab Mémoire de fin de d'étude d'ingénieur d'état, juin 2008

[4] `reliability evaluation of power systems \_ second edition

[5] `reliability evaluation of energieneering systems \_ ( concepts and technique) 1<sup>st</sup> edition-

Pitman books limited.

[6] technique d'ingénieure T1420 ` fiabilité \_

# CHAPITRE I

*Introduction générale*

# CHAPITRE II

*Méthode de Base De L'évaluation De  
La Fiabilité Des System De Production*

# CHAPITRE III

*Application sur le système  
teste RBTS*