

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 électriques

Réf:.....

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

MASTER

Thème

*L'indice LOLE et ses applications dans
l'évaluation de la fiabilité des systèmes de
production*

Présenté par :
BOUCETTA Mohamed Abdelmoutaleb
Soutenu le : 31 mai 2016

Devant le jury composé de :

Mr GUEDIDI Salim

M.C.B

Président

Mr ROUINA Abdelhafid

M.C.B

Encadreur

Mr DERGHAL Hamid

M.A.A

Examineur

Année universitaire : 2015 / 2016

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 électriques

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

MASTER

Thème

**L'indice LOLE et ses applications dans
l'évaluation de la fiabilité des systèmes de
production**

Présenté par :

BOUCETTA Mohamed Abdelmoutaleb

Avis favorable de l'encadreur :

Dr.ROUINA Abdelhafid signature

Avis favorable du Président du Jury

GUEDIDI Salim

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 électriques

Thème :

L'indice LOLE et ses applications dans l'évaluation de la fiabilité des systèmes de production

Proposé et Dirigé par : Dr. ROUINA Abdelhafid

RESUME

L'énergie électrique est importante dans la vie quotidienne du point de vu social, économique des sociétés et des personnes

Alors une étude de fiabilité est nécessaire, l'indice LOLE «**Indices de la perte de charge anticipée** » est introduit ainsi que ses applications pour l'amélioration du système et aussi pour une éventuelle extension des centrales électriques selon les besoins des consommateurs.

Une application sous l'interface MATLAB à été développée pour le calcul.

Un autre indice de fiabilité qui donne une information qui mène a une action pratique celle de l'extension des centrales électrique nommé PLCC «**La capacité maximale du système alimentant la charge du réseau** ».

Dédicace

- A mes chers parents, sans eux je n'aurai jamais eu l'occasion d'arriver jusque-là. Je vous suis d'une grande reconnaissance et d'une admiration indéniable Que Dieu les préserve et les protège
- A ma chère sœur et son mari et ses petits adorables enfants Wail et Adem
- A tous mes oncles et mes tantes
- A tous mes cousins et cousines
- A toutes les familles BOUCETTA et ZEKIRI
- A tous mes amis(es) principalement Hakou, Djihad, Housseem, Saad, Ramzy, Nasro, Djawaher et Maroua.

Remerciement

-Avant tout, Je remercie notre créateur ALLAH le tout puissant qui nous a donné la force et la volonté pour terminer ce travail.

-Je tiens à remercier très particulièrement mon encadreur Dr. Rouina Abdelhafid pour son aide, son orientation judicieuse, ses conseils, sa disponibilité et son encouragement, spécialement durant les années universitaires.

-Et les précieux remerciements vont au président et membre de jury (Guedidi Salim, Derghal Hamid) pour l'honneur qu'ils nous font en acceptent de juger ce travail.

-Je remercie tous mes enseignants qui m'ont apporté aide et conseil durant les années scolaires.

-Je remercie mes amis Souheil, Salah et Houba qui m'ont aidé dans mon travail.



*Liste des
Tableaux*

Liste des tableaux

Chapitre 2

Tableau 2.1 : Probabilité d'un système à deux générateurs.....	24
Tableau 2.2 : Interprétation du générateur de 50MW (en service).....	24
Tableau 2.3 : Interprétation du générateur de 50MW hors service (en panne).....	25
Tableau 2.4 : Tableau de probabilités pour le système des trois Unités (30 MW 30MW, 50MW)....	25
Tableau 2.5 représente la méthode de calcul de la probabilité individuel de ce système.....	28
Tableau 2.5 : Probabilité du système composé de trois générateurs.....	29
Tableau 2.6 : LOLE en utilisant la probabilité individuelle.....	30

Chapitre 3

Tableau 3.1 : Différentes configurations de la centrale électrique.....	34
Tableau 3.2 : Probabilité individuelle du système à 2 générateurs.....	36
Tableau 3.3 : Probabilité individuelle du système à 3 générateurs.....	37
Tableau 3.4 : Probabilité individuelle du système à 4 générateurs.....	38
Tableau 3.5 : Probabilité individuelle du système à 5 générateurs.....	40
Tableau 3.6 : Variation de la charge pour le calcul de LOLE.....	42
Tableau 3.7: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 140MW d'un système composé de deux générateurs.....	43
Tableau 3.8: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 200MW d'un système composé de deux générateurs.....	44
Tableau 3.9: Calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 300MW d'un système composé de deux générateurs.....	45
Tableau 3.10: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 330MW d'un système composé de deux générateurs.....	46
Tableau 3.11: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 140MW d'un système composé de trois générateurs.....	47
Tableau 3.12: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 200MW d'un système composé de trois générateurs.....	48
Tableau 3.13: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 300MW d'un système composé de trois générateurs.....	49

Liste des tableaux

Tableau 3.14: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 330MW d'un système composé de trois générateurs.....	50
Tableau 3.15 : calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 140MW d'un système composé de quatre générateurs.....	52
Tableau 3.16 : calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 200MW d'un système composé de quatre générateurs.....	53
Tableau 3.17 : calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 300MW d'un système composé de quatre générateurs.....	54
Tableau 3.18 : calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 330MW d'un système composé de quatre générateurs.....	55
Tableau 3.19 : calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 140MW d'un système composé de cinq générateurs.....	56
Tableau 3.20 : calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 200MW d'un système composé de cinq générateurs.....	58
Tableau 3.21 : calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 300MW d'un système composé de cinq générateurs.....	59
Tableau 3.22 : calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 330MW d'un système composé de cinq générateurs.....	61
Tableau 3.23 : Effet de la variation du nombre de générateur et de la variation de la charge sur l'indice LOLE.....	63
Tableau 3.25: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 150MW d'un système composé de trois générateurs.....	65
Tableau 3.24 : Les différentes variations du taux de panne forcé et de la charge.....	65
Tableau 3.27: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 250MW d'un système composé de trois générateurs.....	66
Tableau 3.28: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 300MW d'un système composé de trois générateurs.....	67
Tableau 3.29: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 150MW d'un système composé de trois générateurs.....	68
Tableau 3.31: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 250MW d'un système composé de trois générateurs.....	69
Tableau 3.32: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 300MW d'un système composé de trois générateurs.....	69
Tableau 3.33: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 150MW d'un système composé de trois générateurs.....	70
Tableau 3.34: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 200MW d'un système composé de trois générateurs.....	71

Liste des tableaux

Tableau 3.35: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 250MW d'un système composé de trois générateurs.....	71
Tableau 3.36: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 300MW d'un système composé de trois générateurs.....	72
Tableau 3.37: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 150MW d'un système composé de trois générateurs.....	73
Tableau 3.38: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 200MW d'un système composé de trois générateurs.....	73
Tableau 3.39: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 250MW d'un système composé de trois générateurs.....	74
Tableau 3.40: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 300MW d'un système composé de trois générateurs.....	74
Tableau 3.41 : Effet du taux de panna forcé et de la charge sur le calcul de LOLE.....	75
Tableau 3.42 : Résultats de l'extension de la production« Augmentation de la puissance installée ».....	77
Tableau 3.43 : Illustration des années de l'extension du model de production relié a LOLE limite.....	78
Tableau 3.44 : Le renforcement de la production vis-à-vis de LOLE.....	78

A dark red, horizontally-oriented oval with a slight gradient and a thin black outline, serving as a background for the title text.

*Liste des
Figures*

Chapitre 1

Figure 1.1 : Le réseau électrique : vue d'ensemble.....	5
Figure 1.2 : Courbe de charge journalière.....	6
Figure 1.3 : Schéma de la structure générale d'un système de puissance.....	7
Figure 1.4 : Schémas d'une centrale nucléaire.....	8
Figure 1.5 : Schémas d'une centrale hydro-électrique.....	9
Figure 1.6 : Schémas représente le principe de fonctionnement d'une centrale thermique.....	10
Figure 1.7 : Schémas de la structure du système photovoltaïque.....	11
Figure 1.8 : cellule photovoltaïque.....	12
Figure 1.9 : centrale solaire thermique.....	14
Figure 1.10 : les différents types d'éolienne	15
Figure 1.11 : Schéma d'une éolienne	16
Figure 1.12 : Centrale de biomasse	18

Chapitre 2

Figure 2.1 : Tâche théorique dans l'évaluation de la fiabilité des capacités de produite.....	22
Figure 2.2 : le modèle du système électrique de production.....	22
Figure 2.3 : relation entre la capacité de charge et de service.....	27
Figure 2.4 : le modèle du système électrique de production composé de trois générateurs	28
Figure 2.5 : La courbe de variation de pic quotidienne de charge	29
Figure 2.6 : Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximal 180 MW)...	30

Chapitre 3

Figure 3.1 : Modèle du système	33
Figure 3.2 : Modèle de système à 2 générateurs	36
Figure 3.3 : Modèle de système à 3 générateurs	37
Figure 3.4 : Modèle de système à 4 générateurs	39
Figure 3.5 : Modèle de système à 5 générateurs	39

Liste des figures

Figure 3.6 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 140 MW)...	43
Figure 3.7 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 200 MW)...	44
Figure 3.8 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 300 MW)...	45
Figure 3.9 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 330 MW)...	46
Figure 3.10 : Courbe de pic de charge d'une centrale à 2 générateurs	47
Figure 3.11 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 140 MW).	48
Figure 3.12 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 200 MW).	49
Figure 3.13 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 300 MW).	50
Figure 3.14: Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 330 MW)..	51
Figure 3.15 : Courbe de pic de charge d'une centrale à 3 générateurs	52
Figure 3.16 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 140 MW).	52
Figure 3.17 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 200 MW).	53
Figure 3.18 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 300 MW).	54
Figure 3.19 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 330 MW).	55
Figure 3.20 : Courbe de pic de charge d'une centrale à 4 générateurs	56
Figure 3.21 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 140 MW).	57
Figure 3.22 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 200 MW).	59
Figure 3.23 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 300 MW).	60
Figure 3.24 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 330 MW).	62
Figure 3.25 : Courbe de pic de charge d'une centrale à 5 générateurs	63
Figure 3.26 : Ensemble des courbes de pic de charge des centrales à 5, 4, 3, et à 2 générateurs	63
Figure 3.27 : Courbe de pic de charge d'une centrale à 3 générateurs avec un taux de panne forcé U=0.01.....	68
Figure 3.28 : Courbe de pic de charge d'une centrale à 3 générateurs avec un taux de panne forcé U=0.02.....	70
Figure 3.29 : Courbe de pic de charge d'une centrale à 3 générateurs avec un taux de panne forcé U=0.03.....	72

Liste des figures

Figure 3.30 : Courbe de pic de charge d'une centrale à 3 générateurs avec un taux de panne forcé U=0.04.....	75
Figure 3.31 : Ensemble des courbes de pic de charge d'une centrale à 3 générateurs avec un taux de panne forcé U=0.04, U=0.03, U=0.02, U0.01	76
Figure 3.32 : Représentation des variations du PLCC correspondantes a la limite du niveau de risque « LOLE ».....	79

Résumé

L'énergie électrique est importante dans la vie quotidienne du point de vu social, économique des sociétés et des personnes.

Alors une étude de fiabilité est nécessaire, l'indice LOLE «**Indices de la perte de charge anticipée** » est introduit ainsi que ses applications pour l'amélioration du système et aussi pour une éventuelle extension des centrales électriques selon les besoins des consommateurs.

Une application sous l'interface MATLAB à été développée pour le calcul.

Un autre indice de fiabilité qui donne une information qui mène a une action pratique celle de l'extension des centrales électrique nommé PLCC «**La capacité maximale du système alimentant la charge du réseau** ».

المخلص

تعتبر الطاقة الكهربائية عاملا مهما في الحياة اليومية من الجانب الاجتماعي و الاقتصادي للمجتمعات و الاشخاص

لهذا تعتبر دراسة الوثوقية ضرورية, الرمز LOLE (رمز الطاقة التقديرية المفقودة) نعمل به و بتطبيقاته لكي يتطور النظام و لتزويد محطات توليد الكهرباء بالمولدات حسب احتياجات المستهلكين.

تم استعمال برنامج MATLAB لتنفيذ جميع التطبيقات اللازمة للحصول على الحسابات.

هنالك رمز اخر للوثوقية الذي يعطي معلومات تطبق في الواقع و المتمثلة في تزويد المحطات الكهربائية هذا الرمز يسمى PLCC (السعة القصوى للنظام الذي يغذي حمولة الشبكات الكهربائية).

Sommaire

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Chapitre 1 : Généralité sur les centrales électriques

1.1 Introduction	4
1.2 Définition	4
1.3 La production	5
1.4 Appel de puissance d'un réseau électrique	5
1.5 Mécanisme des incidents sur le système électrique	6
1.6 Les centrales classiques.....	7
1.6.2 Les centrales hydro-électrique.....	9
1.6.2.1 Principe de fonctionnement	9
1.6.2.2 Les types de turbines.....	9
1.6.3 Les centrales thermique	10
1.7 Les centrales renouvelables.....	10
1.7.1 Les centrales solaires photovoltaïques	10
1.7.1.1 Les générateurs photovoltaïques.....	11
1.7.1.2 Avantages et inconvénients d'une centrale solaire photovoltaïque	13
1.7.2 Les centrales solaires thermique.....	13
1.7.2.1 Définition	13
1.7.2.2 Principe de fonctionnement	14
1.7.3 Les centrales éoliennes	14
1.7.3.1 Définition	14
1.7.3.2 Principe de fonctionnement d'une éolienne.....	15
1.7.3.3 Avantages et inconvénients d'une centrale éolienne :	16
1.7.4 Les centrales de biomasse.....	17
1.7.4.1 Définition	17
1.7.4.2 Principe de fonctionnement d'une centrale de biomasse.....	18

Sommaire

1.7.4.3 Avantages et inconvénients d'une centrale de biomasse	18
1.8 Conclusion.....	19

Chapitre 2 : Théorie reliée à l'indice LOLT

2.1 Introduction	21
2.2 Définition de fiabilité des systèmes électrique.....	21
2.3-Technique d'évaluation de la fiabilité des capacités.....	22
2.4 -Le modèle de système de production.....	23
2.4.1 -L'indisponibilité des unités de Production (génératrice)	23
2.5-probabilité d'interruption de la Capacité de production.....	23
2.6- Indices de la perte de charge anticipée - LOLE - (Loss of load Expectation)	26
2.6.1- Concepts et techniques d'évaluation	26
2.7 Exemples numériques	28
2.8 Conclusion.....	31

Chapitre 3 : L'indice et ces applications

3.1-Introduction.....	33
3.2-Système de test.....	33
3.3-Etude de la fiabilité du system test	33
3.4-Application des théories sur différents cas de figure	35
3.4.1-Effet du nombre d'unités de la centrale électrique sur la probabilité.....	35
3.4.1.1-Premier cas de figure : Centrale à deux (02) Générateurs	35
3.4.1.1.1-calcul de la probabilité individuelle pour le cas d'une centrale à 2 générateurs...36	
3.4.1.1.2-Deuxième cas de figure : Centrale à trois (03) Générateurs.....36	
3.4.1.1.2.1-calcul de la probabilité individuelle pour le cas d'une centrale à 3 générateurs 37	
3.4.1.1.3. Troisième cas de figure : Centrale à quatre (04) Générateurs.....	37

Sommaire

3.4.1.3.1-calcul de la probabilité individuelle pour le cas d'une centrale à 4 générateurs.....	38
3.4.1.4-Quatrième cas de figure : Centrale à cinq (05) Générateurs.....	39
3.4.1.4.1-calcul de la probabilité individuelle pour le cas d'une centrale à 5 générateurs	40
3.4.1.5-Discussion des résultats :	41
3.4.2- Effet de la variation de la charge sur le calcul de LOLE	42
3.4.2.1- Centrale à deux (02) Générateurs	42
3.4.2.1.1-calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 140MW, et la charge minimale égale 49MW	42
3.4.2.1.2-calcul LOLE à l'état où la charge maximale égale 200MW et la charge minimale égale 70MW	44
3.4.2.1.3-calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 300MW et la charge minimale égale 105MW	45
3.4.2.1.4- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 330MW et la charge minimale égale 115.5MW	46
3.4.2.2- Centrale à trois (03) Générateurs.....	47
3.4.2.2.1- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 140 MW et la charge minimale égale 49 MW	47
3.4.2.2.2- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 200 MW et la charge minimale égale 70 MW	48
3.4.2.2.3- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 300 MW et la charge minimale égale 105 MW	49
3.4.2.2.4- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 330 MW et la charge minimale égale 115.5 MW	50
3.4.2.3- Central à quatre (04) Générateurs.....	52
3.4.2.3.1- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 140 MW et la charge minimale égale 49 MW	52
3.4.2.3.2- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 200 MW et la charge minimale égale 70 MW	53

Sommaire

3.4.2.3.3- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 300 MW et la charge minimale égale 105 MW	54
3.4.2.3.4- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 330 MW et la charge minimale égale 115.5 MW	55
3.4.2.4- Central à cinq (05) Générateurs	56
3.4.2.4.1- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 140 MW et la charge minimale égale 49 MW	56
3.4.2.4.2- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 200 MW et la charge minimale égale 70 MW	58
3.4.2.4.3- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 300 MW et la charge minimale égale 105 MW	59
3.4.2.4.4- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 330 MW et la charge minimale égale 115.5 MW	61
3.4.2.5-Discussion des résultats	64
3.4.3-Effet de la variation du taux de panne forcé (U) sur LOLE.....	64
3.4.3.1-premier cas : A=0.99 et U=0.01	65
3.4.3.1.1- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 150 MW	65
3.4.3.1.2- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 200 MW	66
3.4.3.1.3- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 250 MW	66
3.4.3.1.4- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 300 MW	67
3.4.3.2-deuxième cas: A=0.98 et U=0.02	68
3.4.3.2.1- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 150 MW	68
3.4.3.2.2- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 200 MW	68
3.4.3.2.3- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 250 MW	69
3.4.3.2.4- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 300 MW	69
3.4.3.3 Troisième cas : A=0.97 et U=0.03	70
3.4.3.3.1- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 150 MW	70
3.4.3.3.2- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 200 MW	71

Sommaire

3.4.3.3.3- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 250 MW	71
3.4.3.3.4- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 300 MW	72
3.4.3.4-quatrième cas : A=0.96 et U=0.04	73
3.4.3.4.1- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 150 MW	73
3.4.3.4.2- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 200 MW	73
3.4.3.4.3- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 250 MW	74
3.4.3.4.4- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 300 MW	74
3.5- La capacité maximale du système alimentant la charge du réseau : PLCC (Peak load carrying capability)	77
3.5.1-Discussion des résultats :	79
3.6-Conclusion.....	80
Conclusion générale.....	82
Bibliographie.....	86



Introduction

Générale

Introduction générale

L'énergie électrique est importante dans la vie quotidienne du point de vu social, économique des sociétés et des personnes.

La fourniture de l'électricité aux usagers par l'entreprise, n'est pas une chose aisée, car elle doit obéir à certains critères. La question qu'on peut poser et la suivante : quels sont ces critères ? Parmi ces derniers on peut retenir trois essentiels qui sont la quantité, la qualité et la continuité de service.

Ces trois critères constituent ce qu'on appelle «**Système de fiabilité électrique** » qui fera l'objet de notre étude.

Les sociétés électriques ont pour la plupart, atteint cet objectif. Ceci a été accompli en utilisant des critères de fiabilité de la production, le transport, la distribution et la planification basée sur l'application des techniques probabilistes et qui ont évolué sur beaucoup d'années d'expérience de fonctionnement.

Le but de base de chaque production d'énergie électrique est de répondre à l'exigence de demande d'énergie au plus bas coût possible, tout en maintenant les niveaux acceptables de la qualité et la continuité de l'approvisionnement. La capacité d'une centrale d'énergie électrique de fournir un approvisionnement raisonnable en énergie électrique est habituellement indiquée par le terme «**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 définie dans les conditions de fonctionnement.

Le premier chapitre intitulé «**Les réseaux électrique et les systèmes de production**» on a abordé dans un premier temps la définition du réseau électrique et l'électricité d'une manière générale. Puis on a exposé la production de l'énergie électrique à partir des centrales électriques ainsi que le principe de fonctionnement de chacune d'elle.

Dans le deuxième chapitre ayant pour titre «**Théorie reliée à l'indice LOLE** » on a défini en premier lieu la fiabilité des systèmes électriques, puis on a cité les différentes étapes de la théorie de calcul de l'indice LOLE d'une manière détaillée.

Introduction générale

Le troisième et dernier chapitre «**L'indice LOLE et ces applications**» représente l'application de la théorie où les concepts décrits dans le deuxième chapitre sont utilisés dans ce dernier pour calculer les indices de fiabilité pour les systèmes de production. Enfin on a défini et appliqué l'indice PLCC dans ces systèmes

Chapitre 1

Les réseaux électriques et les systèmes de production

Chapitre 1 : Les réseaux électriques et les systèmes de production

1.1 Introduction

L'énergie électrique représente environ un tiers de l'énergie consommée dans le monde. Aujourd'hui l'énergie électrique est omniprésente dans les pays développés.

Un réseau électrique est un ensemble d'infrastructures énergétiques plus ou moins disponibles permettant d'acheminer l'énergie électrique des centres de production vers les consommateurs d'électricité. [1]

Il est constitué de lignes électriques exploitées à différents niveaux de tension, connectées entre elles dans des postes électriques. Les postes électriques permettent de répartir l'électricité et de la faire passer d'une tension à l'autre grâce aux transformateurs. [1]

Mettant en regard l'offre et la demande, il joue nécessairement un rôle majeur dans la réalisation et le suivi de l'équilibre, en étant la structure clé des « systèmes électriques », c'est-à-dire des ensembles interconnectés production – transport/distribution – consommation. [1]

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. [2]

1.2 Définition

L'électricité est la forme d'énergie la plus facile à utiliser, mais elle exige des technique 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. [2]

Les postes constituent les nœuds du réseau ; les lignes en forment les branches ; ces branches constituent soit des artères et des antennes soit des mailles (ou boucles).

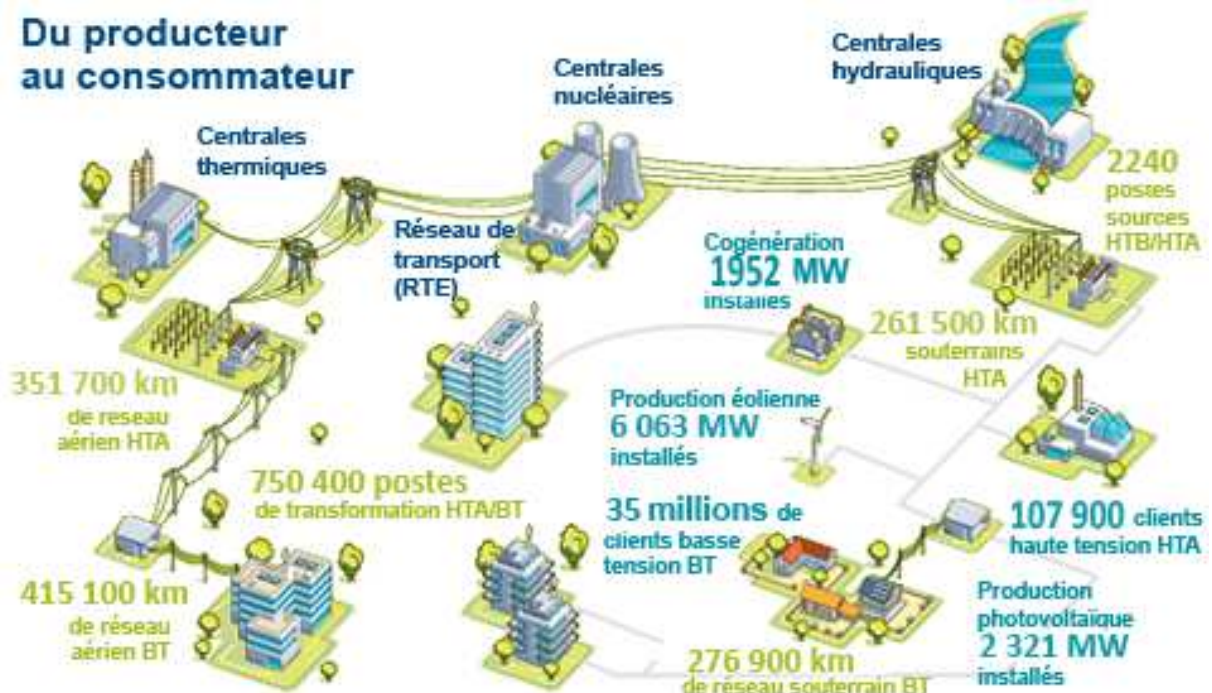


Figure 1.1 : Le réseau électrique : vue d'ensemble

1.3 La production

Les centrales électriques fournissent le courant électrique dont nous avons besoin, pour produire de l'électricité il existe plusieurs façons. On peut utiliser des énergies renouvelables ou non, on peut faire brûler des matériaux, utiliser le vent, la marée... Le principe de production d'énergie électrique est toujours le même : il faut un alternateur (un point commun dans toutes les centrales électriques) et une source d'énergie.

1.4 Appel de puissance d'un réseau électrique

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.

En réalité, la consommation de l'énergie électrique n'est pas statique, elle varie selon le besoin instantané. Pour la représenter on aura recours à des courbes de charges montrant l'évolution de la demande au cours de la journée

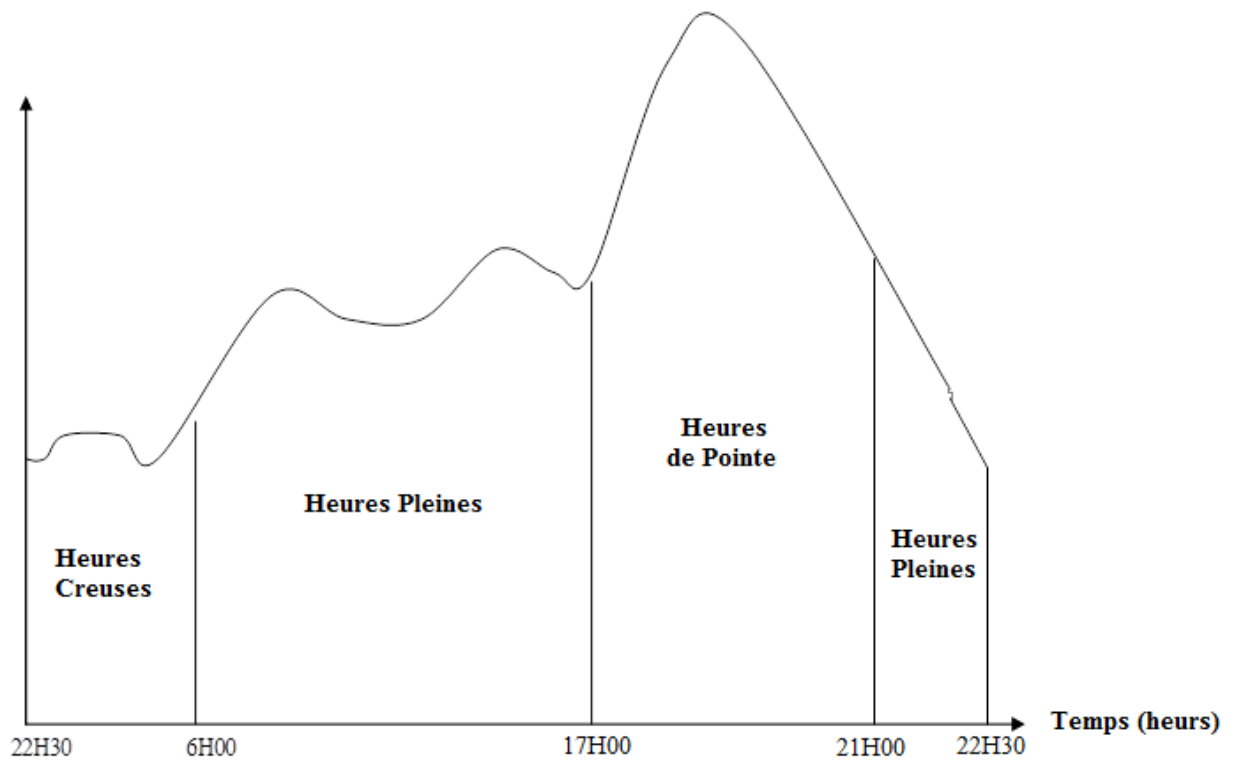


Figure 1.2 : Courbe de charge journalière

1.5 Mécanisme des incidents sur le système électrique

La figure 1.3 montre les composantes d'un système de puissance. L'étude de la performance dynamique d'un système de puissance est très importante pour les opérateurs du système (point de vue économique) et de la société en général (point de vue de fiabilité).

Une étape essentielle de ce type d'étude est de comprendre physiquement et mathématiquement les différents phénomènes dynamiques d'intérêt. [2]

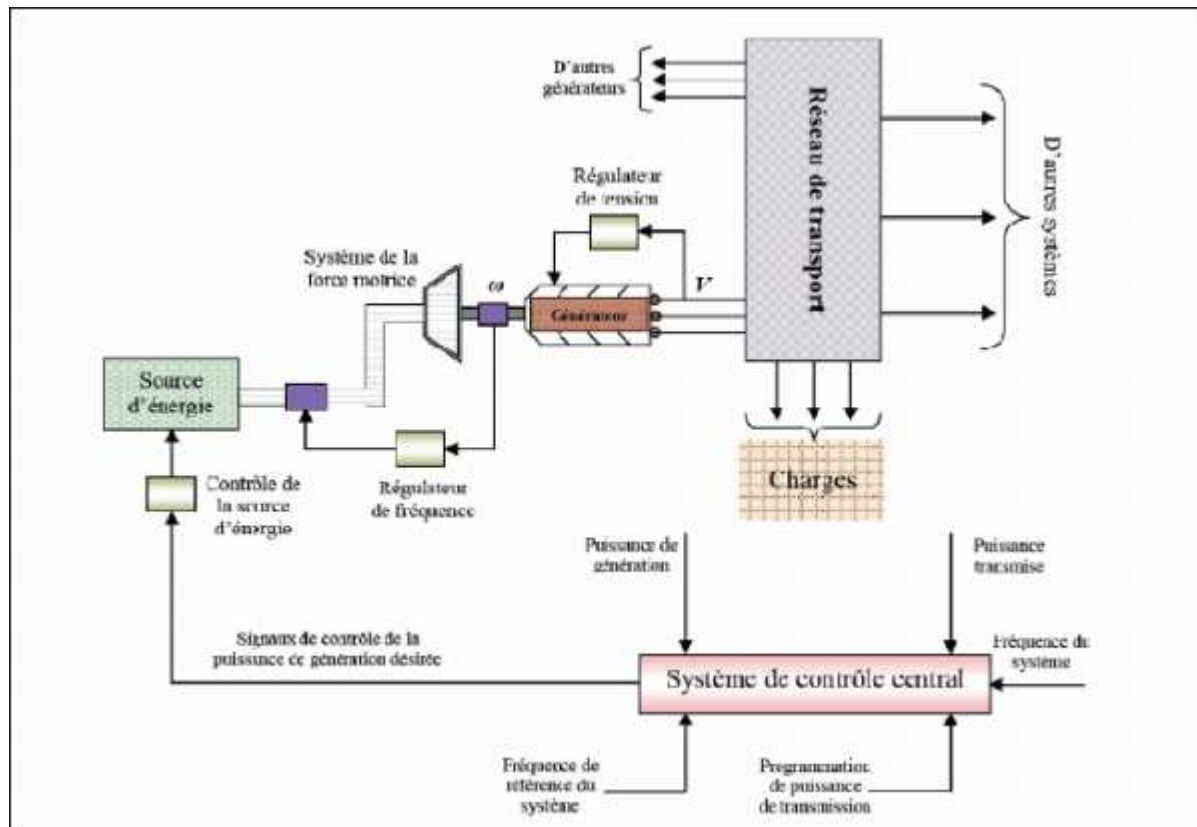


Figure 1.3 : Schéma de la structure générale d'un système de puissance.

1.6 Les centrales classiques

1.6.1 Les centrales nucléaires

C'est l'énergie de fission qui est utilisée pour produire de la chaleur. La fission consiste à casser le noyau de l'atome d'uranium, en le bombardant de neutrons, afin qu'il se brise en plusieurs noyaux plus petits produisant ainsi de l'énergie.

La fission libère également des neutrons qui eux-mêmes provoquent une réaction de fission du noyau d'uranium : c'est une réaction en chaîne. La chaleur produite forme de la vapeur d'eau qui mise sous pression entraîne une turbine faisant fonctionner un alternateur qui dégage une énergie électrique.

Une centrale nucléaire est identique à une centrale thermique, sauf que la chaudière brûlant le combustible fossile est remplacée par un réacteur contenant le combustible nucléaire en fission.

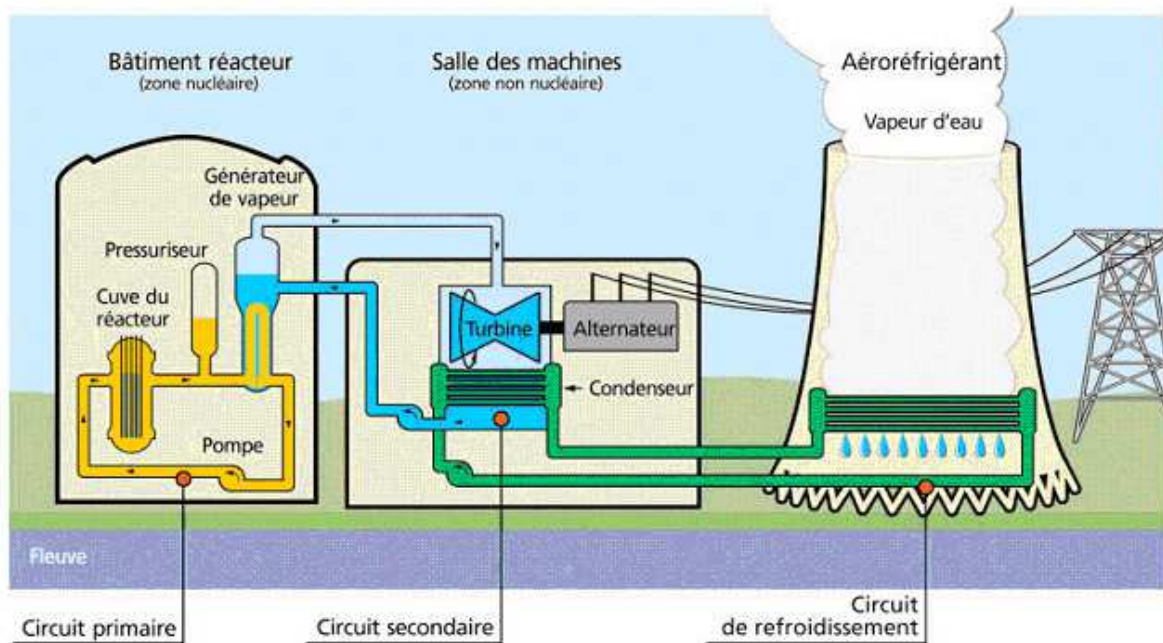


Figure 1.4 : Schémas d'une centrale nucléaire.

Avantages

- Le coût de revient de l'énergie produite est faible.
- Il n'y a pas d'émission de gaz à effet de serre.

Inconvénients

- Elles produisent des déchets radioactifs.
- Leur démantèlement pose problème en fin de vie.
- Matière première en quantité limitée

Caractéristiques

- Combustible : Uranium.
- Emplacement : près d'un lac ou d'une rivière.
- Capacité : de quelque MW à plus de 1.5 GW.
- Rendement : globale est de l'ordre 30% à 40%.

1.6.2 Les centrales hydro-électrique

1.6.2.1 Principe de fonctionnement

Les centrales hydrauliques convertissent l'énergie de l'eau en mouvement en énergie électrique, l'énergie provenant de la chute d'une masse d'eau est tout d'abord transformée dans une turbine hydraulique en énergie mécanique, cette turbine entraine un alternateur dans le quel l'énergie mécanique est transformé en énergie électrique.

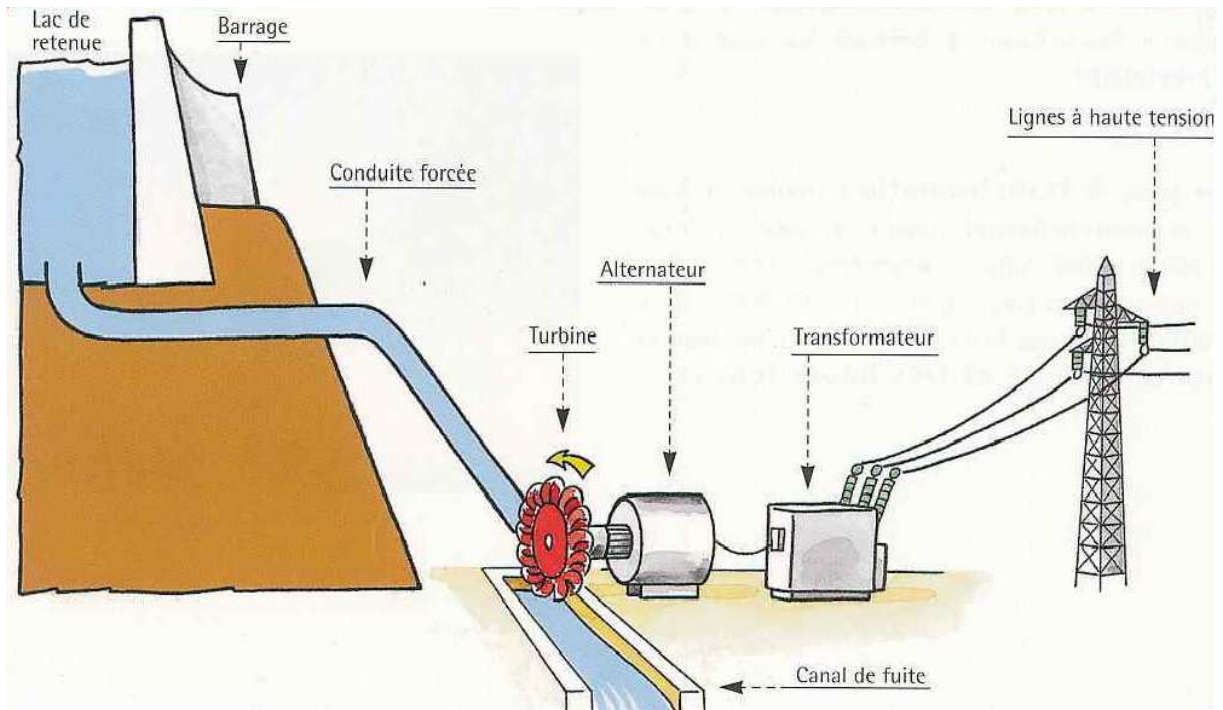


Figure 1.5 : Schémas d'une centrale hydro-électrique.

1.6.2.2 Les types de turbines

Suivant la hauteur de la chute d'eau, on distingue trois grands types de turbines :

- Les centrales de haute chute : hauteur > 300m turbine Pelton.
- Les centrales de moyenne chute : 30m < hauteur < 300m turbine Francis.
- Les centrales de basse chute : hauteur < 30m turbine Kaplan ou Francis.

Caractéristiques

- Matière première : L'eau.
- Emplacement : près d'une ressource d'eau.
- Capacité : de quelque KW jusqu'à des centaines de MW.

Chapitre 1 : Les réseaux électriques et les systèmes de production

- Rendement : global est de l'ordre 75% à 90%.

1.6.3 Les centrales thermique

Une centrale thermique produit de l'électricité à partir de la vapeur d'eau produite grâce à la chaleur dégagée par la combustion de combustible dans le bruleur, qui met en mouvement une turbine reliée à un alternateur.

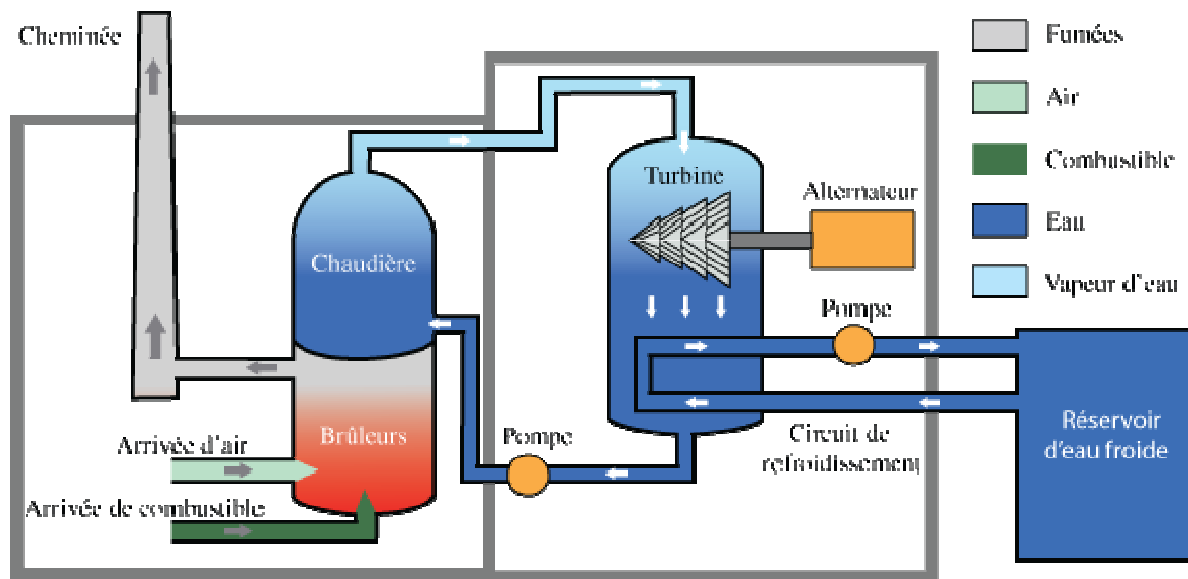


Figure 1.6 : Schémas représente le principe de fonctionnement d'une centrale thermique.

Caractéristiques

- Combustible : charbon, gaz, fioul.
- Emplacement : près d'un lac ou d'une rivière pour le circuit de refroidissement.
- Capacité : entre 200 MW et 2000 MW.
- Rendement : global est de l'ordre 40%.

1.7 Les centrales renouvelables

1.7.1 Les centrales solaires photovoltaïques

Le terme « photovoltaïque » peut désigner le phénomène physique (l'effet photovoltaïque découvert par Alexandre Edmond Becquerel en 1839) ou la technique associée. L'énergie solaire photovoltaïque est l'électricité produite par transformation d'une partie du rayonnement solaire au moyen d'une cellule photovoltaïque. Schématiquement, un photon de lumière incidente

Chapitre 1 : Les réseaux électriques et les systèmes de production

permet sous certaines circonstances de mettre en mouvement un électron, produisant ainsi un courant électrique. [3]

Les cellules photovoltaïques sont fabriquées avec des matériaux semi-conducteurs produits à partir d'une matière première très pure, comme le silicium. Ces matériaux émettent des électrons lorsqu'ils sont soumis à l'action de la lumière. Ceux-ci sont éjectés du matériau et ils circulent dans un circuit fermé, produisant ainsi de l'électricité. [3]

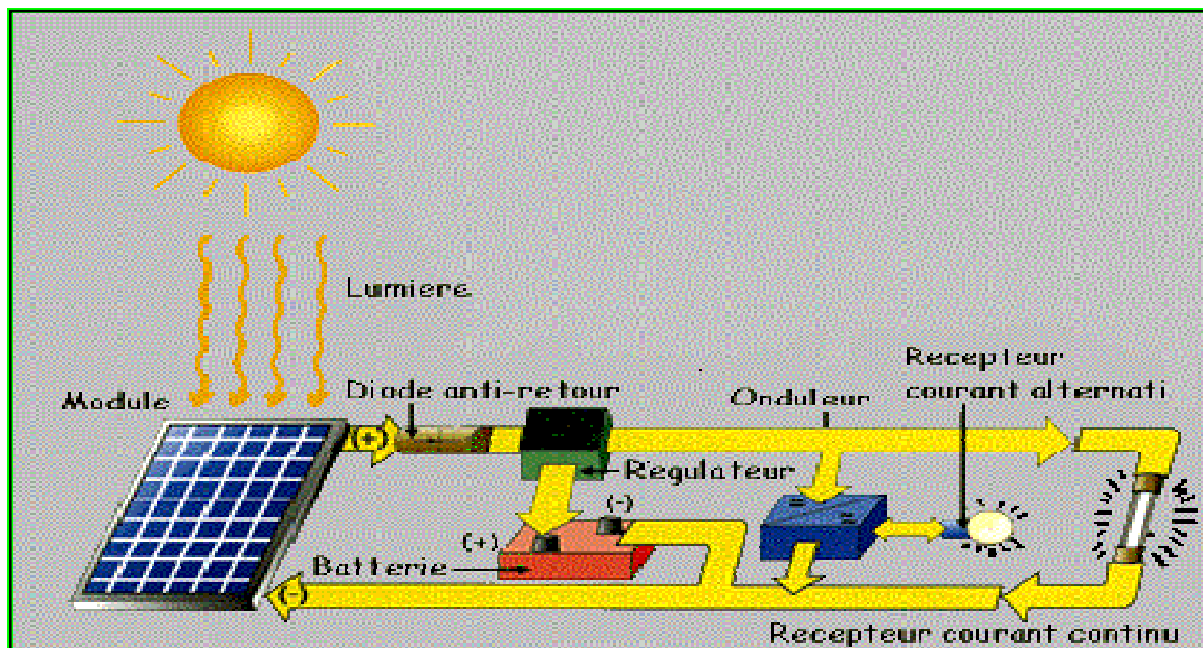


Figure 1.7 : Schémas de la structure du système photovoltaïque

1.7.1.1 Les générateurs photovoltaïques

1.7.1.1.1 Les cellules photovoltaïques

Les cellules photovoltaïques ont la particularité de produire un courant électrique lorsqu'elles sont exposées aux rayonnements du Soleil. Elles sont constituées de semi-conducteurs à base, par exemple, de silicium, de sulfure de cadmium, ou de tellure de cadmium. [4]

Les semi-conducteurs sont assemblés en deux couches, l'une dopée positivement (p) et l'autre négativement (n), qui forment une jonction p-n à leur interface. En présence de lumière, les photons interagissent avec leurs atomes, au point d'exciter des électrons qui vont alors se diriger vers une électrode. Ils laissent derrière eux des trous qui se comportent, de manière extrêmement simplifiée, comme des charges positives. Ils sont donc eux aussi récoltés par une électrode, ce qui donne naissance à une différence de potentiel entre les deux bornes de chaque

Chapitre 1 : Les réseaux électriques et les systèmes de production

entité électronique (que l'on mesure en volts). Une cellule photovoltaïque produit ainsi du courant électrique continu. [4]

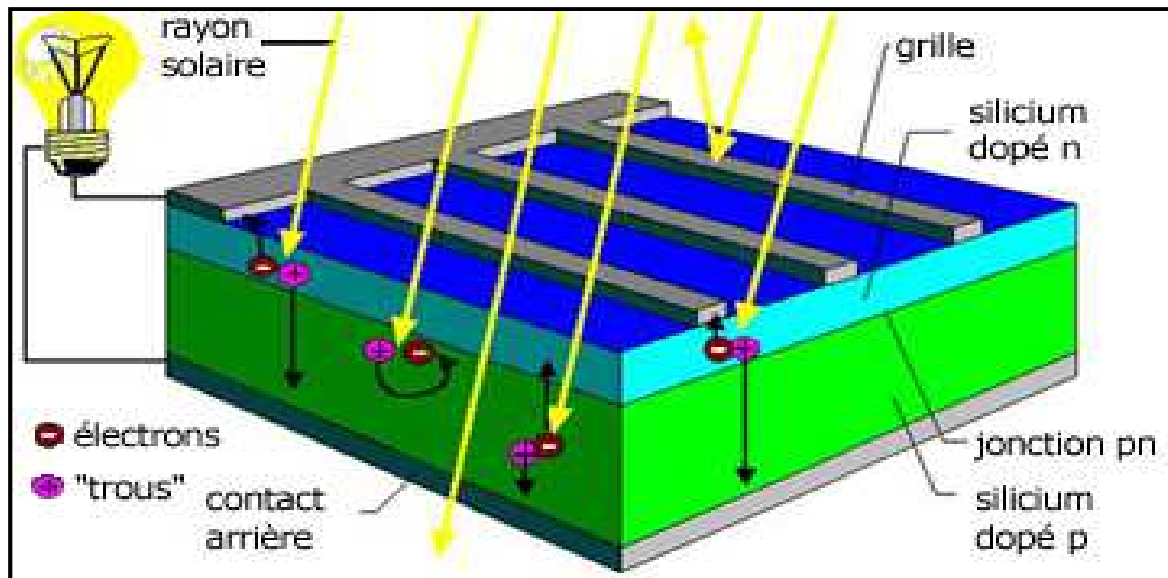


Figure 1.8 : cellule photovoltaïque

1.7.1.1.2 Les différents types des cellules photovoltaïques

Il existe trois principaux types de cellule photovoltaïque actuellement :

- **Les cellules monocristallines :**
 - La première génération de photopiles.
 - Un taux de rendement excellent (12-16%).
 - Une méthode de fabrication laborieuse et difficile, donc très chère.
 - Il faut une grande quantité d'énergie pour obtenir du cristal pur. [5]
- **Les cellules poly-cristallines :**
 - Coût de production moins élevé.
 - Procédé nécessitant moins d'énergie.
 - Rendement 11-13%. [5]
- **Les cellules amorphes :**
 - Coût de production bien plus bas.
 - Rendement plus bas : 8-10%.
 - Durée de vie plus faible. [5]

Chapitre 1 : Les réseaux électriques et les systèmes de production

C'est le silicium amorphe que l'on trouve le plus souvent dans les produits de consommation comme les calculatrices, les montres etc.... Toutefois, ils réagissent mieux à des températures élevées ou à une lumière diffuse.

De plus, les cellules mono et poly-cristallines sont les types de cellules les plus répandues sur le marché du photovoltaïque (environ 60% de la production). [5]

1.7.1.2 Avantages et inconvénients d'une centrale solaire photovoltaïque

1.7.1.2.1 Avantages

- Haute fiabilité, pas de pièce mobile (sauf sur des systèmes de suiveurs solaire, le mouvement est cependant très lent).
- Système silencieux.
- Entretien réduit, peu de coût de fonctionnement. [6]

1.7.1.2.2 Inconvénients

- Production d'électricité uniquement le jour.
- Coût de fabrication élevé.
- Rendement faible. [6]

1.7.2 Les centrales solaires thermique

1.7.2.1 Définition

L'énergie solaire thermique est une forme d'énergie solaire. Elle désigne l'utilisation de l'énergie thermique du rayonnement solaire dans le but d'échauffer un fluide (liquide ou gaz). L'énergie reçue par le fluide peut être ensuite utilisée directement (eau chaude sanitaire, chauffage, etc.) ou indirectement (production de vapeur d'eau pour entraîner des alternateurs et ainsi obtenir de l'énergie électrique, production de froid, etc.). [7]

L'énergie solaire thermique provient de la chaleur transmise par le soleil par rayonnement et ne doit pas être confondue avec d'autres formes d'énergie solaire et notamment l'énergie solaire photovoltaïque qui utilise l'effet photoélectrique afin de transformer les photons émis par le soleil en électricité. [7]

Chapitre 1 : Les réseaux électriques et les systèmes de production

Le capteur solaire est l'instrument utilisé pour transformer le rayonnement solaire en chaleur. Les principes physiques fondamentaux sur lesquels se basent cette production d'énergie sont notamment l'absorption, et la conduction thermique. Dans le cas particulier des systèmes à concentration (centrale solaire thermodynamique, four solaire... etc.) [7]

1.7.2.2 Principe de fonctionnement

Dans le cas classique, les rayons du soleil viennent frapper le capteur solaire dont la surface est conçue pour emmagasiner une quantité suffisante de rayons. (Notons qu'ici, aucun système de concentration n'est utilisé car il s'agit d'une petite installation.) [8]

À l'intérieur du capteur se trouve un matériau absorbant (l'absorbeur), dans lequel circule un fluide caloporteur ou fluide thermique. L'absorbeur va donc transformer le rayonnement solaire qu'il a absorbé en chaleur puis transmettre cette chaleur au fluide caloporteur avec lequel il est en contact. [8]

Le fluide va circuler jusqu'à un échangeur thermique où il cède sa chaleur, pour revenir ensuite par circuit fermé au capteur solaire grâce à une pompe alimentée par un petit panneau PV. [8]

Notons que ce type de système de chauffage est un système à boucle fermée ; il existe aussi des systèmes à boucle ouverte où l'eau sanitaire sous pression est chauffée directement dans le capteur solaire

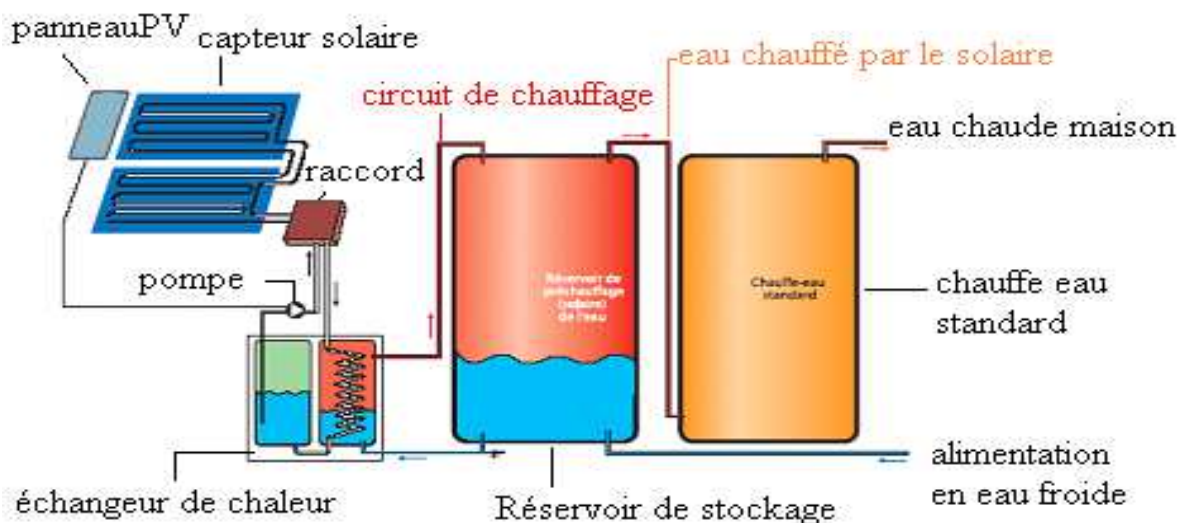


Figure 1.9 : centrale solaire thermique

1.7.3 Les centrales éoliennes

1.7.3.1 Définition

Énergie éolienne est un dispositif destiné à convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique. Les éoliennes sont composées de pales en rotation autour d'un rotor et actionnées par le vent. Elles sont généralement utilisées pour produire de l'électricité et entrent dans la catégorie des énergies renouvelables. Il existe deux types d'éoliennes modernes : celles qui ont un axe horizontal dont le rotor ressemble à une hélice d'avion et celles qui ont un axe vertical. Les plus courantes sont celles à axe horizontal. [9]

Une éolienne se compose de quatre parties principales :

- la fondation, qui permet de fixer l'ensemble de la structure.
- le mât.
- la nacelle, fixée au sommet du mât, qui contient le générateur et le rotor.
- les pales, en général au nombre de trois afin d'optimiser le rendement, dont l'axe de rotation correspond au centre de la nacelle. [10]

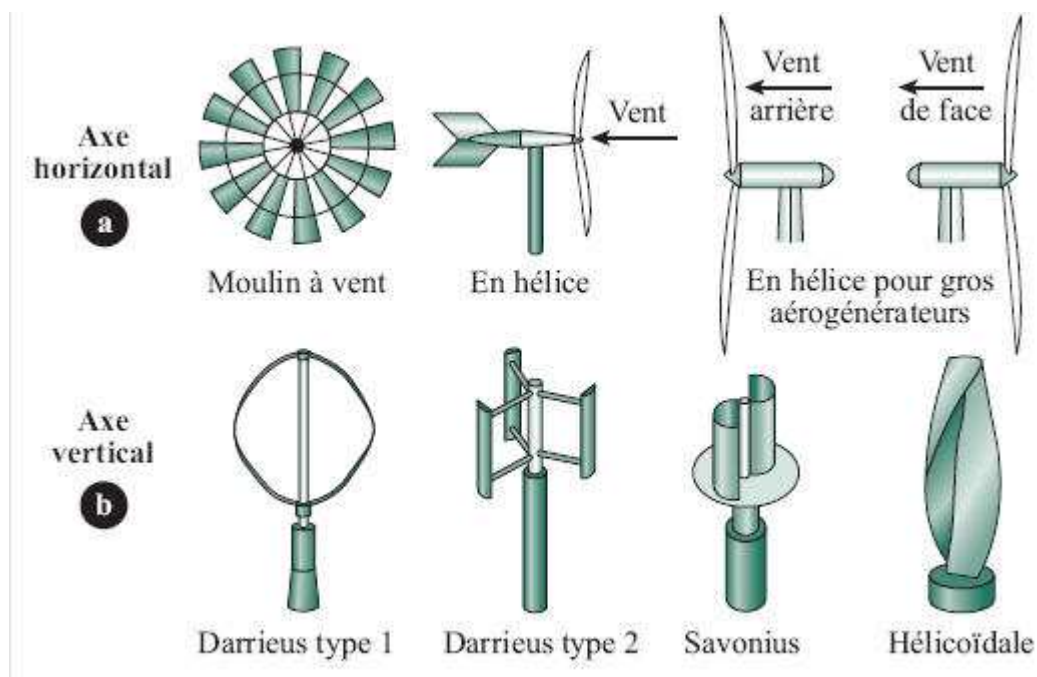


Figure 1.10 : les différents types d'éolienne

1.7.3.2 Principe de fonctionnement d'une éolienne

Le fonctionnement est simple et s'inspire de la technologie des moulins à vent.

La machine se compose de 3 pales (en général) portées par un rotor et installées au sommet d'un mât vertical. Cet ensemble est fixé par une nacelle qui abrite un générateur. Un moteur électrique permet d'orienter la partie supérieure afin qu'elle soit toujours face au vent. Les pales permettent de transformer l'énergie cinétique (énergie que possède un corps du fait de son mouvement) du vent en énergie mécanique. Le vent fait tourner les pales entre 10 et 25 tours par minute. La vitesse de rotation des pales est en fonction de la taille. Plus les pales seront grandes, moins elles tourneront rapidement. Le générateur transforme l'énergie mécanique en énergie électrique. La plupart des générateurs ont besoin de tourner à grande vitesse (de 1 000 à 2 000 tours par minute) pour produire de l'électricité. Ainsi, le multiplicateur a pour rôle d'accélérer le mouvement lent des pales. [11]

L'électricité produite par le générateur a une tension d'environ 690 volts. Ne pouvant pas être utilisée directement, elle est traitée grâce à un convertisseur, et sa tension est augmentée à 20 000 volts. Elle est alors injectée dans le réseau électrique et peut être distribuée aux consommateurs. [11]

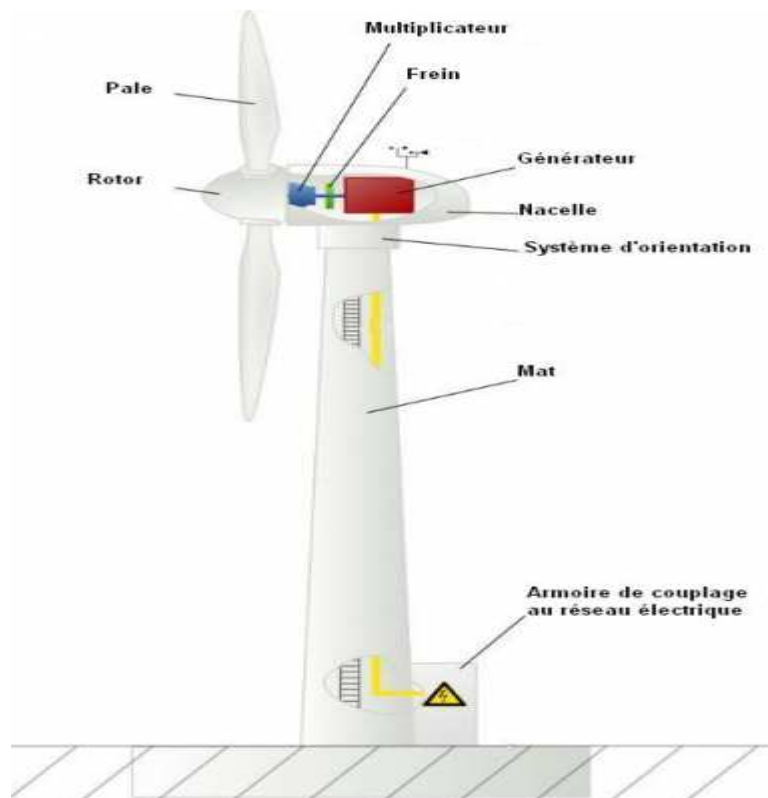


Figure 1.11 : Schéma d'une éolienne

1.7.3.3 Avantages et inconvénients d'une centrale éolienne :

1.7.3.3.1 Avantages

- coût de production relativement faible.
- La surface occupée au sol est peu importante.
- L'énergie éolienne est une énergie propre (pas d'émissions de gaz, pas de particules).
- surface immense disponible en mer où le vent est pratiquement constant. [12]

1.7.3.3.2 Inconvénients

- L'éolien a un faible rendement.
- Il n'y a pas de vent tout le temps.
- Cela fait du bruit.
- C'est dangereux pour les oiseaux. [13]

1.7.4 Les centrales de biomasse

1.7.4.1 Définition

La biomasse correspond à l'énergie qu'il est possible de récupérer à partir de la matière organique qui est soit d'origine animale, soit d'origine végétale. La biomasse exploite deux principaux procédés pour extraire l'énergie et ainsi produire de l'électricité: la bioénergie qui est le fruit de la combustion de la matière et le biogaz qui est le fruit de la méthanisation de la matière. [14]

Pour faire simple, soit on brûle la matière pour produire de la chaleur et exploiter ensuite cette chaleur pour faire de l'électricité (bois, paille, canne à sucre,...), soit on laisse fermenter les matières organiques pour en collecter le méthane (cas des décharges, des déchets organiques,...). [14]

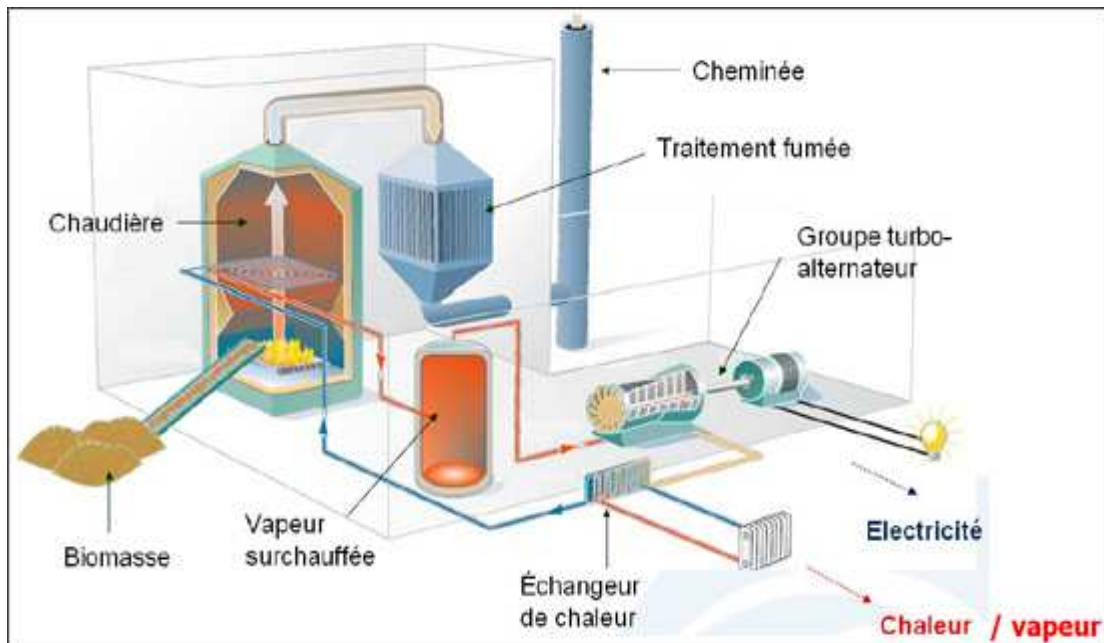


Figure 1.12 : Centrale de biomasse

1.7.4.2 Principe de fonctionnement d'une centrale de biomasse

Le principe de fonctionnement d'une centrale à biomasse est très simple, il est même en réalité similaire à celui d'une chaudière voir à celui d'une chaudière à cogénération dans certain cas. Globalement, la chaleur produite par la combustion va chauffer un réservoir d'eau qui va alors produire de la vapeur un peu à la manière d'une cocote minute. Cette vapeur d'eau va alors être dégagée à haute pression, ce qui va permettre de faire tourner une turbine relié à un alternateur [14]

1.7.4.3 Avantages et inconvénients d'une centrale de biomasse

1.7.4.3.1 Avantages

- C'est une matière première qui est renouvelable.
- Produits issus de la biomasse sont souvent non-toxiques.
- La biomasse est disponible partout [15]

Chapitre 1 : Les réseaux électriques et les systèmes de production

1.7.4.3.2 Inconvénients

- Leur rendement énergétique est assez faible.
- Pour produire de l'énergie biomasse il faut occuper des terres arables et donc baisser la production agricole.
- Provoque la pollution des eaux et des sols
- Les coûts et les impacts du transport pour amener le bois là où la ressource manque. [15]

1.8 Conclusion

Après avoir donné un aperçu sur l'énergie électrique, les réseaux électriques et comment aboutir à la production de l'électricité. Nous avons défini le principe des différents types de centrale électrique à savoir :

- Centrale électrique classique avec leur principe de fonctionnement (centrale nucléaire, thermique et hydro-électrique)
- Centrale électrique renouvelable avec le principe de fonctionnement de chacune (centrale solaire photovoltaïque, solaire thermique, éolienne et biomasse)

Chapitre 2

Théorie reliée à l'indice LOLE

2.1 Introduction

Depuis quelques années, l'évaluation de la fiabilité des réseaux électriques prend de l'importance chez les ingénieurs et les spécialistes. Un nombre considérable d'articles décrivant les différentes techniques disponibles de modélisation des réseaux pour le calcul des indices de fiabilité sont publiés [16]. L'intérêt grandissant autour de la fiabilité des réseaux électriques est également motivé par les résultats de plusieurs analyses statistiques qui démontrent que la composition des systèmes électriques contribue à hauteur de 80% sur l'indisponibilité du service électrique chez les consommateurs [17].

Les progrès significatifs des techniques d'évaluation associés à l'augmentation considérable de la capacité de calcul des machines permettent aujourd'hui de traiter des problèmes de plus en plus complexes, avec des tailles des données de plus en plus importantes. L'une des conséquences de ceci est que la construction même des modèles, de façon fiable et efficace, n'est plus un problème secondaire mais elle est devenue un problème central. [18]

La demande statique et la capacité installée planifié est construite en avance. L'application des méthodes probabilistes 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 probabilistes. [19]

2.2 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 coût, tout en maintenant les niveaux acceptables de la qualité et la continuité de l'approvisionnement.

La capacité d'un réseau d'énergie électrique est de fournir un approvisionnement raisonnable en énergie électrique.

La fiabilité peut être définie, d'une façon générale, comme, la probabilité d'un dispositif exécutant une fonction prévue au cours d'une 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 pour répondre aux exigences des clients.

2.3-Technique d'évaluation de la fiabilité des capacités

Dans cette étude, on évalue la probabilité de la perte de charge par 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 voles comme représenté à la **figure 2.1**. [20]

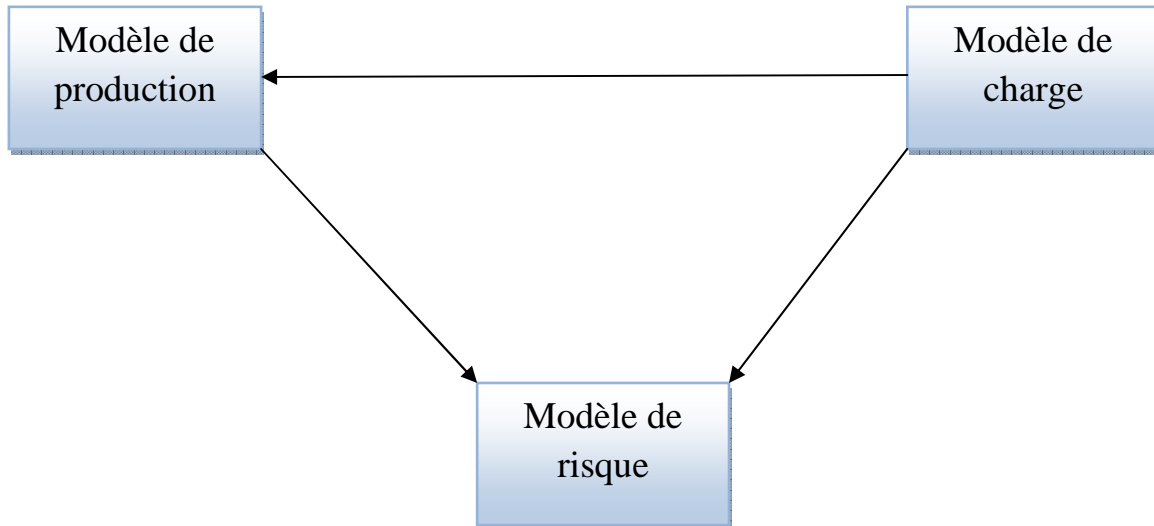


Figure 2.1 : Tâche théorique dans l'évaluation de la fiabilité des capacités de produite

Le modèle de production est combiné à celui du modèle de la charge (**figure 2.1**) pour former le modèle de risque approprié dans cette étape d'étude du système comme représenté sur la **figure 2.2**.

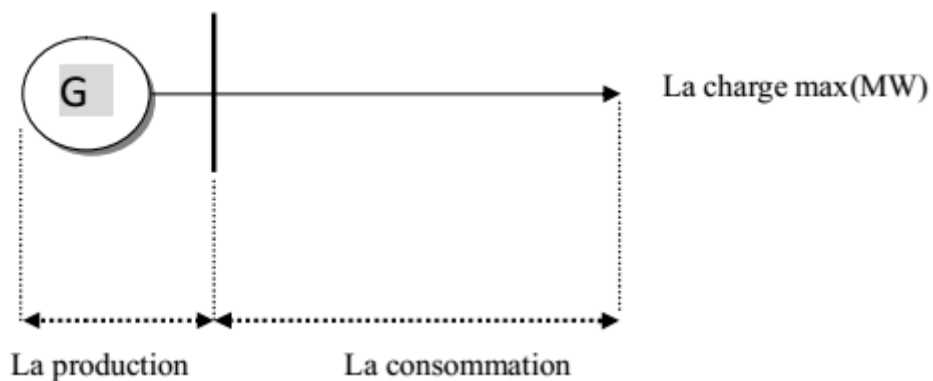


Figure 2.2 : le modèle du système électrique de production

2.4 -Le modèle de système de production

2.4.1 -L'indisponibilité des unités de Production (génératrice)

Le paramètre de base d'unité de production utilisée dans l'évaluation des capacités statiques 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.

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

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

2.5-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 ajoutées 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 30 MW chacune avec un taux arrêt forcé des unités égales à 0,02.

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

Tableau 2.1 : Probabilité d'un système à deux générateurs

Capacité hors service	Probabilité
0 MW	$0.98*0.98=0.9604$
30 MW	$0.98*0.02=0.0392$
60 MW	$0.02*0.02=0.0004$
	TOTAL = 1

L'unité de production de 50 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 diminuent, à mesure que les pannes des capacités augmentent. 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 80 MW est plus élevée que la probabilité de perdre 60 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 : Interprétation du générateur de 50MW (en service)

Capacité hors service	Probabilité
0+0 MW	$0.9604*(0.98)=0.941192$
30+0 MW	$0.0392*(0.98)= 0.038416$
60+0 MW	$0.0004*(0.98)=0.000392$
	TOTAL = 0.98

Chapitre 2 Théorie reliée à l'indice LOLE

Tableau 2.3 : Interprétation du générateur de 50MW hors service (en panne)

Capacité hors service	Probabilité
0+50 MW	$0.9604*(0.02)=0.019208$
30+50 MW	$0.0392*(0.02)= 0.000784$
60+50 MW	$0.0004*(0.02)=0.000008$
	TOTAL = 0.02

Le tableau peut être tronqué en omettant toutes les pannes de capacité pour lesquelles la probabilité cumulée est inférieure à un montant spécifié (Exemple : 10^{-8}).

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 peut être additionnée chaque fois qu'une unité est ajoutée, ou calculée 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 2.4 : Tableau de probabilités pour le système des trois

Unités (30 MW 30MW, 50MW)

Capacité hors service	Probabilité	Cumul de probabilité
0	0.941192	1.000000
30	0.038416	0.058808
50	0.019208	0.020392
60	0.000392	0.001184
80	0.000784	0.000792
110	0.000008	0.000008

2.6- Indices de la perte de charge anticipée - LOLE - (Loss of load Expectation)

2.6.1- Concepts et techniques d'évaluation

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

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 produits.

Le modèle le plus simple de charge est celui qui est largement utilisé et celui qui 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 quotidienne de charge est utilisée en jours, et en pourcentage si la courbe de durée de charge est utilisée en pourcentage.

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).

Chapitre 2 Théorie reliée à l'indice LOLE

Les probabilités d'avoir des quantités variables de capacités indisponibles sont combinées avec la charge du système montré dans la figure 2.3. 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 de la panne de capacité égale à Q_k .

t_k : Le temps correspondant à la panne de capacité égale à Q_k dans l'intervalle de la période étudiée.

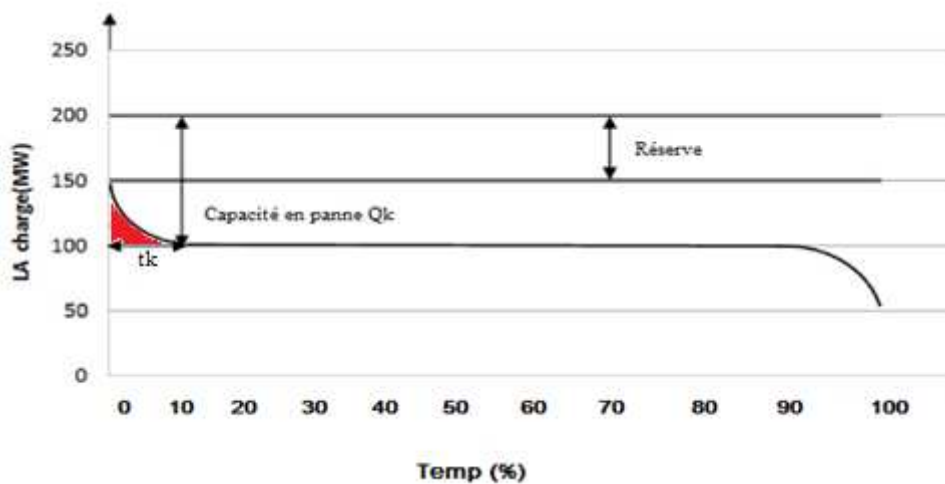


Figure 2.3 : relation entre la capacité de charge et de service

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

La figure 2.4 présente un système typique de relation capacité-charge où le modèle de charge est représenté par une courbe continue pendant une période de 100% (365 jours).

Une panne de capacité particulière contribuera à l'espérance de la perte de charge (LOLE) du système est égale 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 Figure 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 lesquelles la perte de charge est susceptible de se produire.

Chapitre 2 Théorie reliée à l'indice LOLE

Mathématiquement exprimé, la contribution à l'indice (LOLE) du système résulte 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 :

$$\text{LOLE} = \sum_{k=1}^n P_k t_k \dots \dots \dots \text{Eq 2.3}$$

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.

2.7 Exemples numériques

On considère une centrale électrique de puissance installée de 200MW formée de trois générateurs de puissance respective 50MW, 50MW et 100MW.

Considérons un système contenant trois unités de (2 × 50 MW et 1 × 100 MW) chacune avec un taux de panne forcée de 0.02, telle que la charge maximale égale à 180 MW et une charge minimale égale à 40% de la charge maximale.

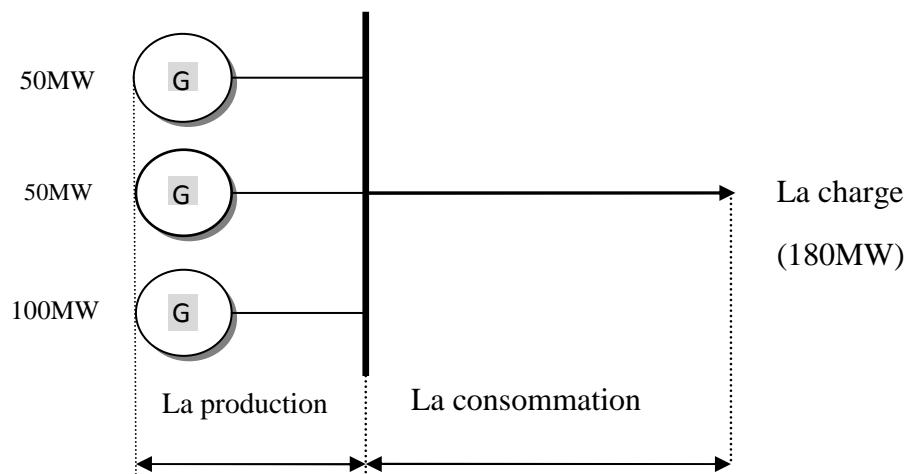


Figure 2.4 : le modèle du système électrique de production composé de trois générateurs

Le **Tableau 2.5** représente la méthode de calcul de la probabilité individuelle de ce système.

Tableau 2.5 : Probabilité du système composé de trois générateurs

Etats N°	3G Trois générateurs			Capacité en panne(MW)	Capacité en service(MW)	Probabilité individuel
	G1	G2	G3			
1	0	0	0	0	200	0.941192
2	0	0	1	100	100	0.019208
3	0	1	0	50	150	0.019208
4	0	1	1	150	50	0.000392
5	1	0	0	50	150	0.019208
6	1	0	1	150	50	0.000392
7	1	1	0	100	100	0.000392
8	1	1	1	200	0	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.

Le modèle de charge du système est représenté par la courbe de variation de pic quotidienne de charge est représenté dans la Figure suivante :

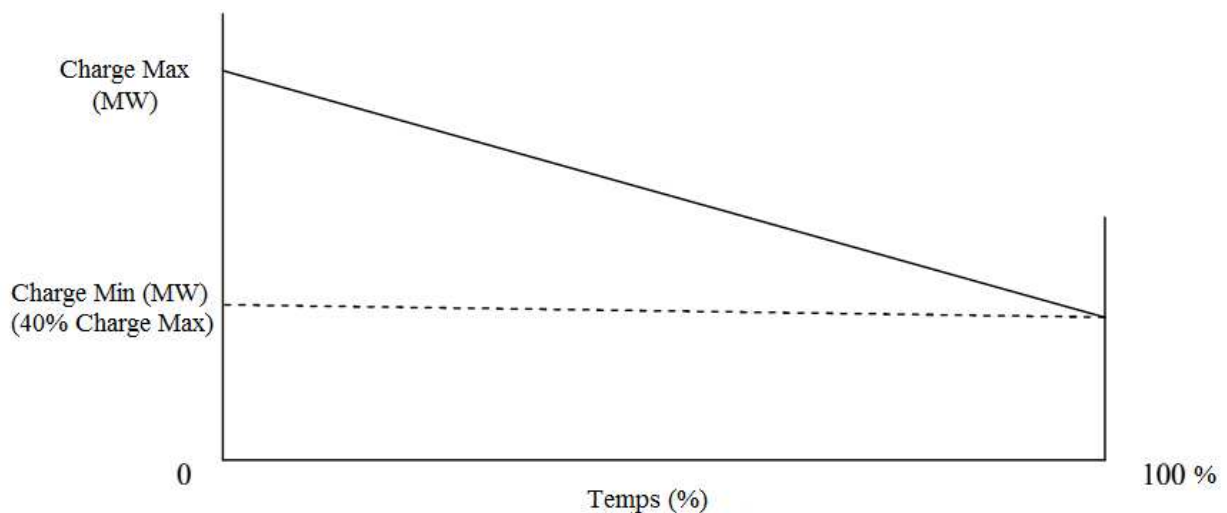


Figure 2.5 : La courbe de variation de pic quotidienne de charge

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.

Chapitre 2 Théorie reliée à l'indice LOLE

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. Le **tableau 2.6** indique le calcul à l'aide de l'équation (2.3). Le temps des périodes t_K sont présentés dans le **Figure 2.6**

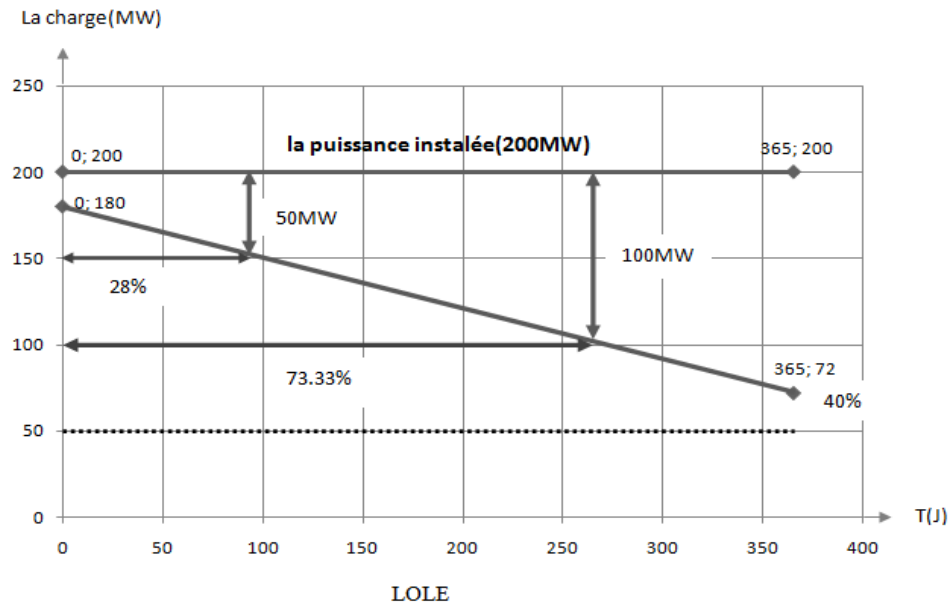


Figure 2.6 : Courbe de variation du pic de la charge quotidienne (Charge maximal 180 MW)

Tableau 2.6 : 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	100%	0
LOLE TOTAL					3.88

2.8 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons exposé l'importance de la théorie des probabilités lors de l'étude d'un système électrique (système de production), Ensuite 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. Ultérieurement nous avons étudié les indices de perte de charge et quelques exemples numériques. L'analyse de l'indice PLCC « **La capacité maximale du système alimentant la charge du réseau** » dans les systèmes électriques sera faite dans le chapitre ci-après.

Chapitre 3

L'indice LOLE et ses applications

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

3.1-Introduction :

Dans ce présent chapitre, les concepts décrits dans le chapitre 2 sont utilisés dans ce dernier pour calculer les indices de fiabilité pour les systèmes de production décrit ci-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 possède une puissance installée de production de 300 MW, pour alimenter la charge globale du réseau.

L'application dans cette section utilise le système test décrit ci-dessous. La description détaillée de ce système est donnée dans la section ci-après. Le système test est un système numérique et suffisamment petit pour permettre aux étudiants la conduite d'un grand nombre d'études de fiabilité, avec un temps de calcul manuel 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 est illustré dans **la figure 3.1**.

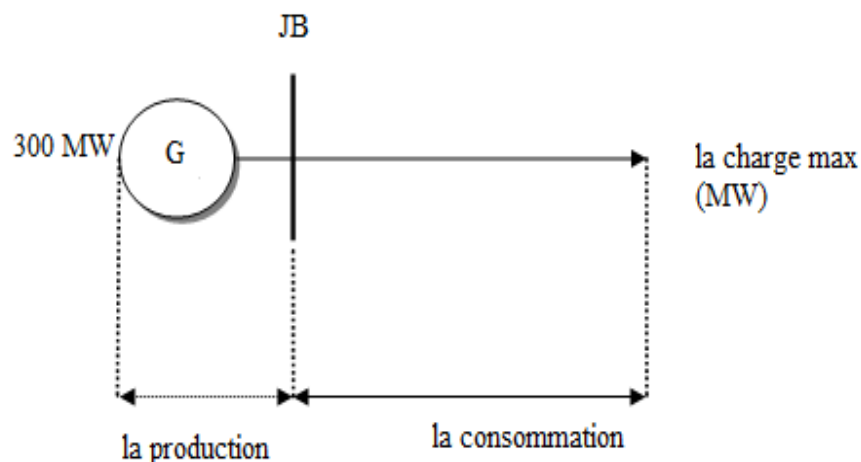


Figure 3.1 : Modèle du système

3.3-Etude de la fiabilité du system test :

Le système électrique de test utilisé dispose de jeux de barre connectant le système de production (jeux de barre de production).

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

La puissance de production installée est de 300MW dans différentes configurations. La configuration touche le nombre des générateurs installés dans la centrale électrique pour la production de la puissance demandée.

Les différentes configurations de la centrale électrique présentées ici sont touchées 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 300MW ; comme elle peut comprendre deux générateurs de 150MW chacun. D'autres possibilités sont faisables par exemple 200 MW pour le premier générateur et 100MW pour le deuxième. Le choix de la configuration est primordial pour le bon fonctionnement de la centrale, ainsi que pour la fiabilité du réseau électrique global. Avec une charge minimale égale à 40% de la charge maximale.

Le type des générateurs ainsi que la centrale électrique (classique ou renouvelable) ne sont pas importants dans notre étude.

Pour notre application, en premier lieu, la puissance installée est de 300MW avec 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 : Différentes configurations 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)	300MW	deux générateurs	100	200	/	/	/
N°2 :(3G)	300MW	Trois générateurs	50	100	150	/	/
N°3 :(4G)	300MW	quatre générateurs	50	50	100	100	/
N°4 :(5G)	300MW	cinq générateurs	50	50	50	50	100

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

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 que 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 différentes consommations (charges), pour voir l'influence sur l'indice de fiabilité LOLE.
- La variation des probabilités favorable et défavorable est appliquée pour voir l'influence sur l'indice LOLE.
- Le calcul de la probabilité pour chaque cas, donne aux ingénieurs l'information de la production de l'événement (état).

3.4-Application des théories sur différents cas de figure :

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

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

3.4.1.1-Premier cas de figure : Centrale à deux (02) Générateurs:

On considère une centrale électrique de puissance installée de 300MW celle formée de deux générateurs de puissance, 200 MW pour le premier générateur, et 100MW pour le deuxième.

Par application des théories introduites au chapitre précédant, l'analyse et le calcul de la probabilité sont représentés dans le **tableau 3.2**

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

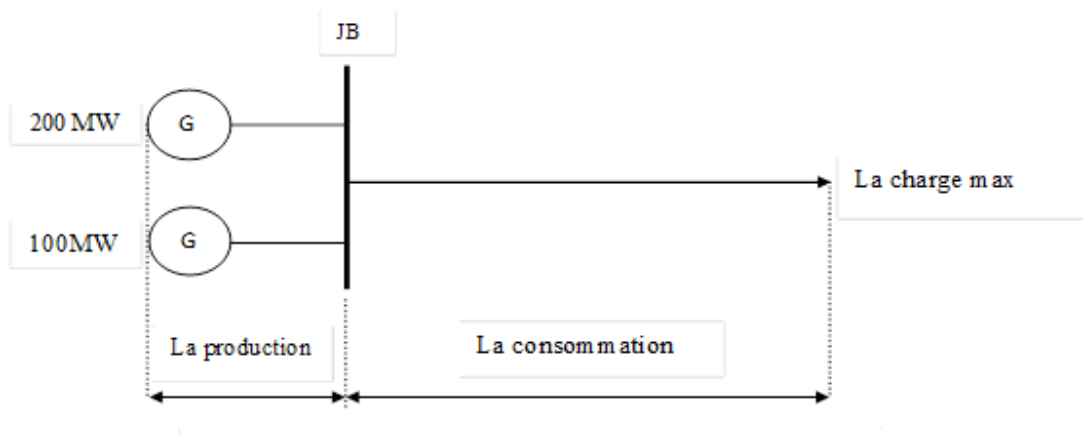


Figure 3.2 : Modèle de système à 2 générateurs

3.4.1.1.1-calcul de la probabilité individuelle pour le cas d'une centrale à 2 générateurs

Tableau 3.2 : Probabilité individuelle du système à 2 générateurs

2G		Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuelle
0	0	0	300	0.9604
1	0	200	100	0.0196
0	1	100	200	0.0196
1	1	300	0	0.0004

Sur le tableau ci-dessus les deux premières colonnes représentent l'état de chaque générateur, la deuxième et la troisième colonne représentent les capacités résultantes des cas de panne et de service de chaque états du système, tandis que la quatrième colonne représente la probabilité individuelle calculée pour chaque état du système. Cette lecture du tableau est la même pour toute la section

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

On considère une centrale électrique de puissance installée de 300MW celle formée de trois générateurs de puissance 50MW, 150MW et 100MW.

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

Par application des théories introduites au chapitre précédent, l'analyse et le calcul de la probabilité sont représentés sur le **tableau 3.3**

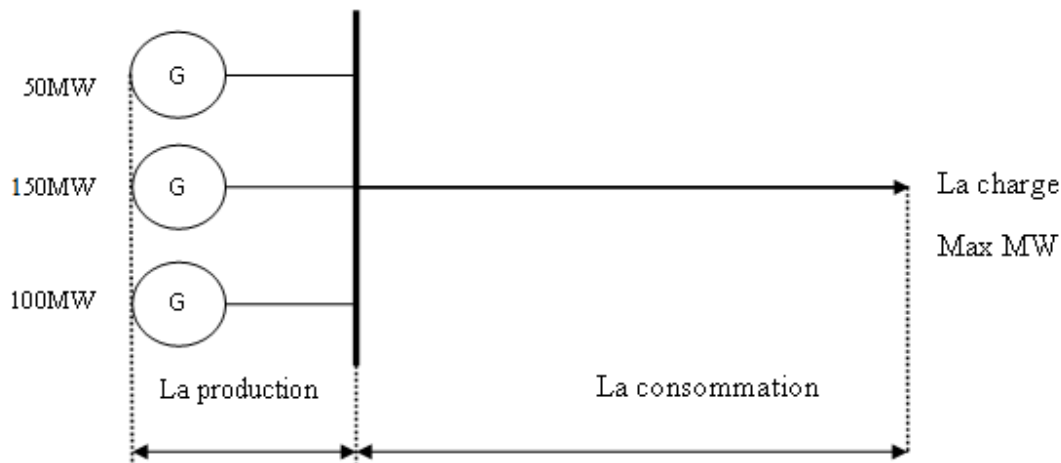


Figure 3.3 : Modèle de système à 3 générateurs

3.4.1.2.1-calcul de la probabilité individuelle pour le cas d'une centrale à 3 générateurs

Tableau 3.3 : Probabilité individuelle du système à 3 générateurs

3G			Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuelle
0	0	0	0	300	0.94119
1	0	0	100	200	0.019208
0	1	0	150	150	0.019208
1	1	0	250	50	0.000392
0	0	1	50	250	0.019208
1	0	1	150	150	0.000392
0	1	1	200	100	0.000392
1	1	1	300	0	0.000008

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

On considère une centrale électrique de puissance installée de 300MW représentée sur la figure 3.4 celle formée de deux générateurs de puissance 50MW pour chacun et deux autres de puissance 100 MW pour chacun.

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

Par application des théories introduites au chapitre précédent, l'analyse et le calcul de la probabilité sont représentés sur le **tableau 3.4**.

3.4.1.3.1-calcul de la probabilité individuelle pour le cas d'une centrale à 4 générateurs

Tableau 3.4 : Probabilité individuelle du système à 4 générateurs

4G				Capacité en panne(MW)	Capacité en service(MW)	Probabilité individuelle
0	0	0	0	0	300	0.92237
1	0	0	0	50	250	0.018824
0	1	0	0	50	250	0.018824
1	1	0	0	100	200	0.00038416
0	0	1	0	100	200	0.018824
1	0	1	0	150	150	0.00038416
0	1	1	0	150	150	0.00038416
1	1	1	0	200	100	7.84e-006
0	0	0	1	100	200	0.018824
1	0	0	1	150	150	0.00038416
0	1	0	1	150	150	0.00038416
1	1	0	1	200	100	7.84e-006
0	0	1	1	200	100	0.00038416
1	0	1	1	250	50	7.84e-006
0	1	1	1	250	50	7.84e-006
1	1	1	1	300	0	1.6e-007

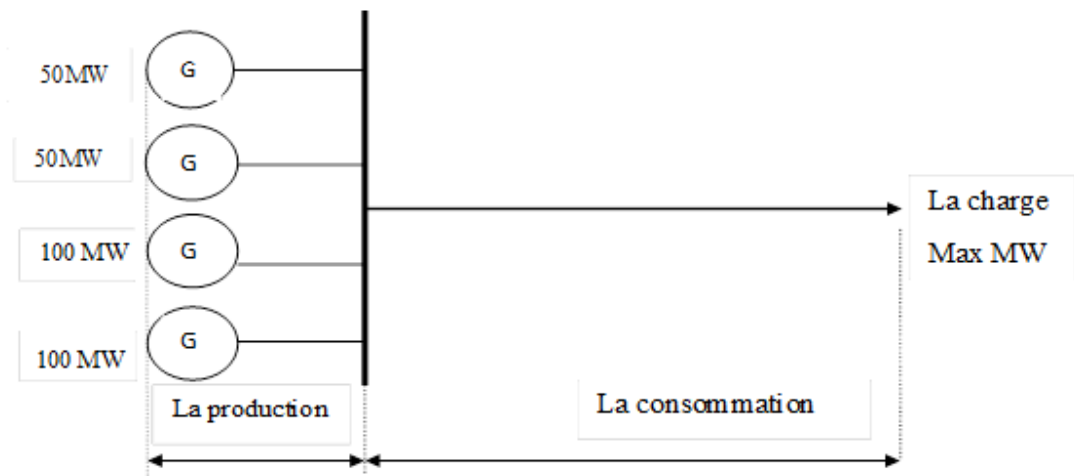


Figure 3.4 : Modèle de système à 4 générateurs

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

On considère une centrale électrique de puissance installée de 300MW, celle formée de quatre générateurs de puissance 50MW pour chacun et un seul de 100MW.

Par application des théories introduites au chapitre précédent, l'analyse et le calcul de la probabilité sont représentés sur **le tableau 3.5**.

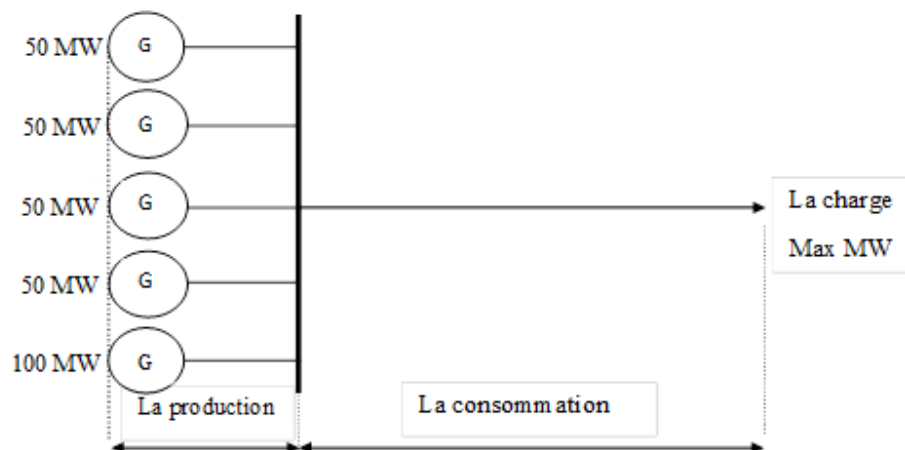


Figure 3.5 : Modèle de système à 5 générateurs

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

3.4.1.4.1-calcul de la probabilité individuelle pour le cas d'une centrale à 5 générateurs

Tableau 3.5 : Probabilité individuelle du système à 5 générateurs

5G					Capacité en panne(MW)	Capacité en service(MW)	Probabilité individuelle
0	0	0	0	0	0	300	0.90392
1	0	0	0	0	50	250	0.018447
0	1	0	0	0	50	250	0.018447
1	1	0	0	0	100	200	0.00037648
0	0	1	0	0	50	250	0.018447
1	0	1	0	0	100	200	0.00037648
0	1	1	0	0	100	200	0.00037648
1	1	1	0	0	150	150	7.6832e-006
0	0	0	1	0	50	250	0.018447
1	0	0	1	0	100	200	0.00037648
0	1	0	1	0	100	200	0.00037648
1	1	0	1	0	150	150	7.6832e-006
0	0	1	1	0	100	200	0.00037648
1	0	1	1	0	150	150	7.6832e-006
0	1	1	1	0	150	150	7.6832e-006
1	1	1	1	0	200	100	1.568e-007
0	0	0	0	1	100	200	0.018447
1	0	0	0	1	150	150	0.00037648

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

0	1	0	0	1	150	150	0.00037648
1	1	0	0	1	200	100	7.6832e-006
0	0	1	0	1	150	150	0.00037648
1	0	1	0	1	200	100	7.6832e-006
0	1	1	0	1	200	100	7.6832e-006
1	1	1	0	1	250	50	1.568e-007
0	0	0	1	1	150	150	0.00037648
1	0	0	1	1	200	100	7.6832e-006
0	1	0	1	1	200	100	7.6832e-006
1	1	0	1	1	250	50	1.568e-007
0	0	1	1	1	200	100	7.6832e-006
1	0	1	1	1	250	50	1.568e-007
0	1	1	1	1	250	50	1.568e-007
1	1	1	1	1	300	0	3.2e-009

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 que :

- Chaque fois que le nombre des générateurs augmente, le nombre des états possibles du système lui aussi augmente, ce qui donne beaucoup plus de chance pour les états de bon fonctionnement du système d'émerger, ce qui donne une grande marge de manœuvre pour les ingénieurs qui gèrent le système, pour l'amener en bon état de fonctionnement.

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

- 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 autres cas il y a plus de chance de ne pas perdre cette quantité de production.
- Le résultat général de cette étude, dans cette section est que la qualité de service sera élevée à chaque fois que le nombre d'unités opérationnelles dans le système est élevé.

3.4.2- Effet de la variation de la charge sur le calcul de LOLE:

Dans cette section de l'application de la thèse, le calcul de l'indice LOLE est effectué pour les différents cas de figures concernant la configuration de la centrale électrique, voir le changement du nombre d'unités installées dans le système, et dans chaque configuration la charge a été variée pour étudier l'influence sur l' LOLE. Voir le **tableau 3.6**.

Le calcul de l'indice LOLE est effectué par application des théories introduites au deuxième chapitre, les résultats sont mentionnés sur les tableaux ci-après.

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

Tableau 3.6 : Variation de la charge pour le calcul de LOLE

Les Centrales électriques	N° de l'état	La Charge Maximale(MW)	La Charge Minimale(MW)	La puissance Installée(MW)
2G /3G/4G/5G	N° 1	140MW	49MW	300MW
2G /3G/4G/5G	N° 2	200MW	70MW	
2G /3G/4G/5G	N° 3	300MW	105MW	
2G /3G/4G/5G	N° 4	330MW	115.5MW	

3.4.2.1- Centrale à deux (02) Générateurs:

3.4.2.1.1-calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 140MW, et la charge minimale égale 49MW:

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

Tableau 3.7: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 140MW d'un système composé de deux générateurs

Capacité de production en panne(MW)	Capacité de production en service(MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
0	300	0.9604	-	-
200	100	0.0196	43.956	0.86154
100	200	0.0196	-	-
300	0	0.0004	100	0.04

Sur le tableau ci-dessus les deux premières colonnes représentent les capacités résultantes des cas de panne et de service de chaque états du système, tandis que la troisième et la quatrième colonne représentent la probabilité individuelle et le temps calculés pour chaque état du système. La cinquième colonne du tableau indique la valeur de LOLE calculée. Cette lecture du tableau est la même pour toute la section.

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 140MW à un minimum de 49 MW, comme représentée sur la **Figure 3.6**.

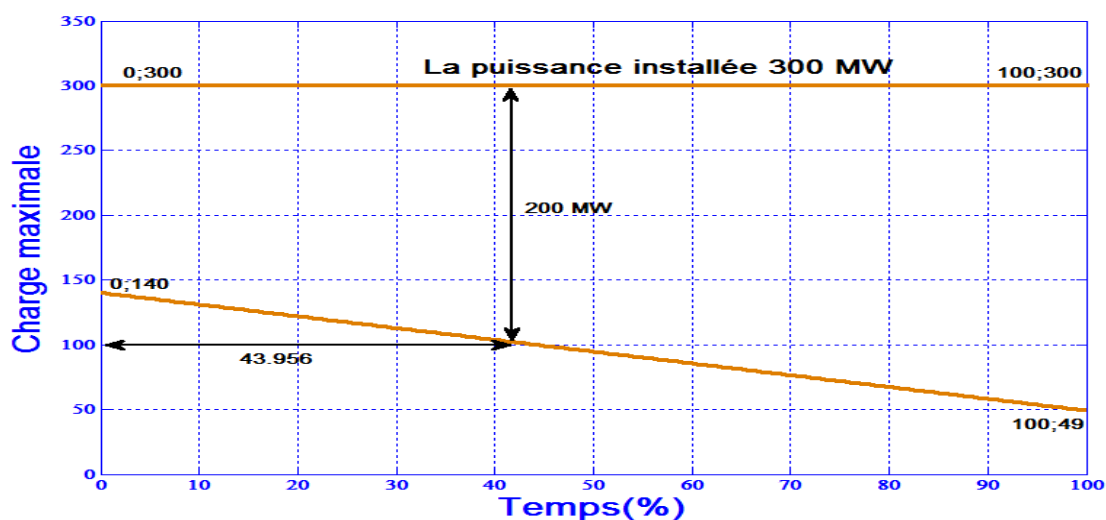


Figure 3.6 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 140 MW)

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

3.4.2.1.2-calcul LOLE à l'état où la charge maximale égale 200MW et la charge minimale égale 70MW:

Tableau 3.8: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 200MW d'un système composé de deux générateurs

Capacité de production en panne(MW)	Capacité de production en service(MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
0	300	0.9604	-	-
200	100	0.0196	76.923	1.5077
100	200	0.0196	-	-
300	0	0.0004	100	0.04

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 200MW à un minimum de 70 MW, comme représentée sur la **Figure 3.7**.

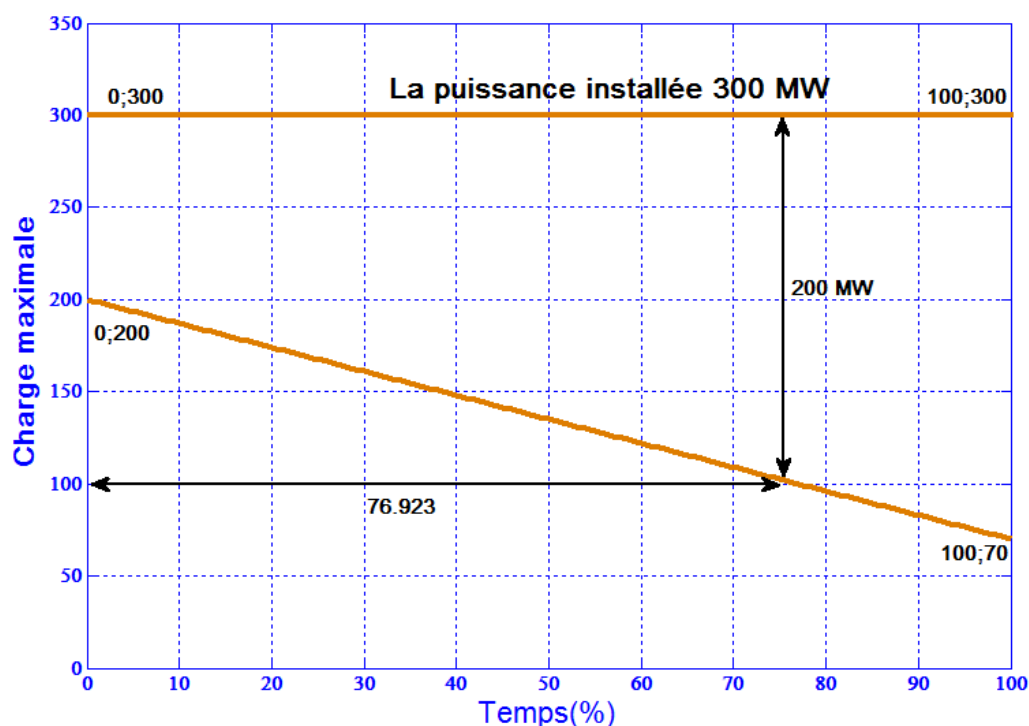


Figure 3.7 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 200 MW)

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

3.4.2.1.3-calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 300MW et la charge minimale égale 105MW:

Tableau 3.9: Calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 300MW d'un système composé de deux générateurs

Capacité de production en panne(MW)	Capacité de production en service(MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
0	300	0.9604	-	-
200	100	0.0196	100	1.96
100	200	0.0196	51.282	1.0051
300	0	0.0004	100	0.04

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 300 MW à un minimum de 105 MW, comme représentée sur la **Figure 3.8**.

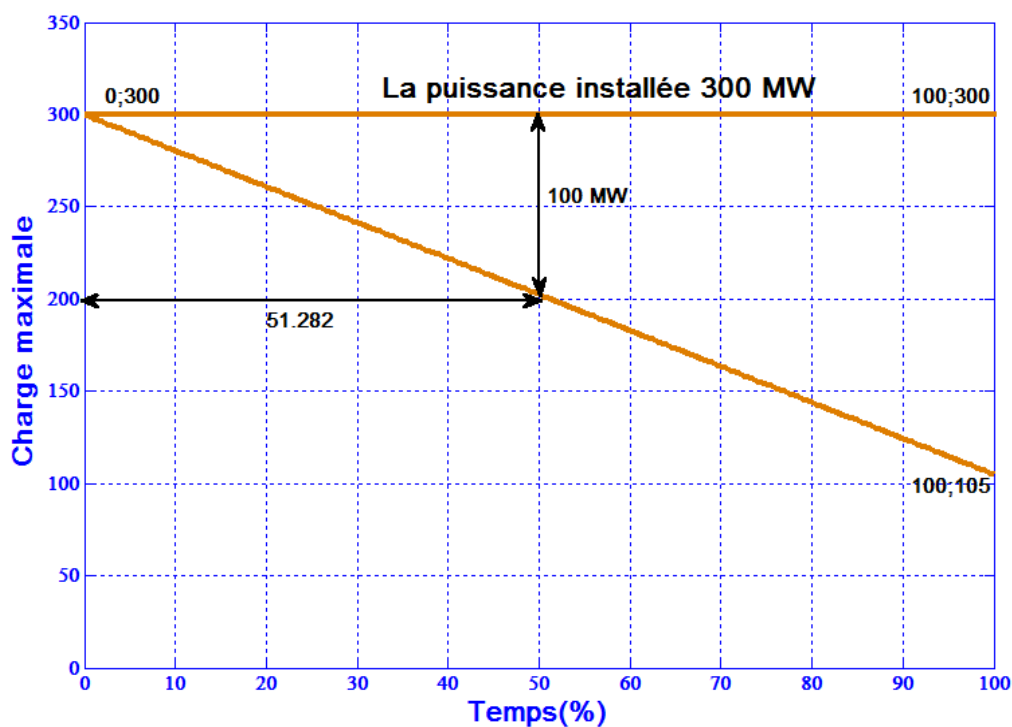


Figure 3.8 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 300 MW)

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

3.4.2.1.4- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 330MW et la charge minimale égale 115.5MW:

Tableau 3.10: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 330MW d'un système composé de deux générateurs

Capacité de production en panne(MW)	Capacité de production en service(MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
0	300	0.9604	13.986	13.432
200	100	0.0196	100	1.96
100	200	0.0196	60.606	1.1879
300	0	0.0004	100	0.04

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 330MW à un minimum de 115.5 MW, comme représentée sur la **Figure 3.9**.

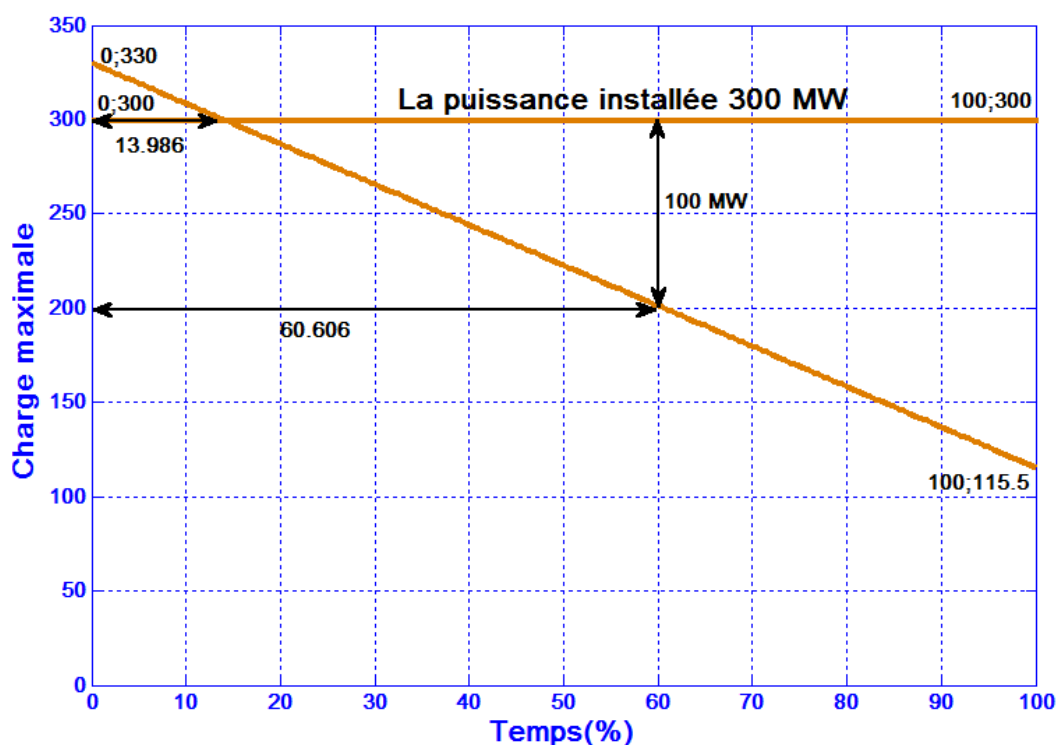


Figure 3.9 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 330 MW)

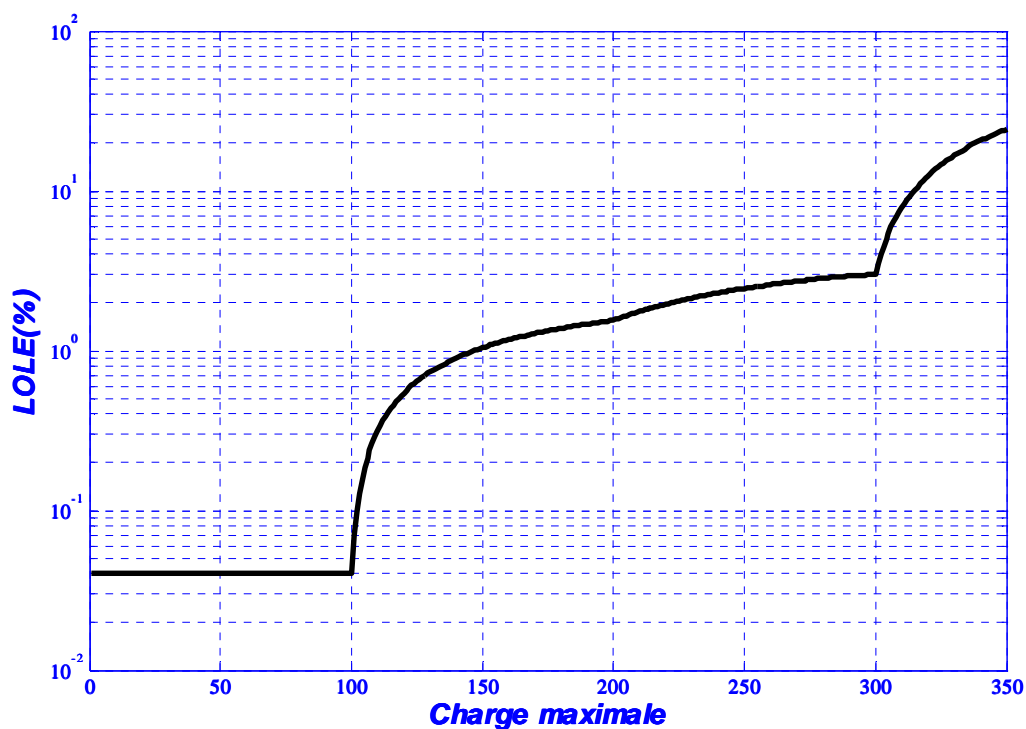


Figure 3.10 : Courbe de pic de charge d'une centrale à 2 générateurs

3.4.2.2- Centrale à trois (03) Générateurs:

3.4.2.2.1- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 140 MW et la charge minimale égale 49 MW:

Tableau 3.11: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 140MW d'un système composé de trois générateurs

Capacité de production en panne(MW)	Capacité de production en service(MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
0	300	0.94119	-	-
50	250	0.019208	-	-
100	200	0.019208	-	-
150	150	0.019208	-	-
150	150	0.000392	-	-
200	100	0.000392	43.956	0.017231
250	50	0.000392	98.901	0.038769
300	0	8e-006	100	0.0008

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 140 MW à un minimum de 49 MW, comme représentée sur la **Figure 3.11**.

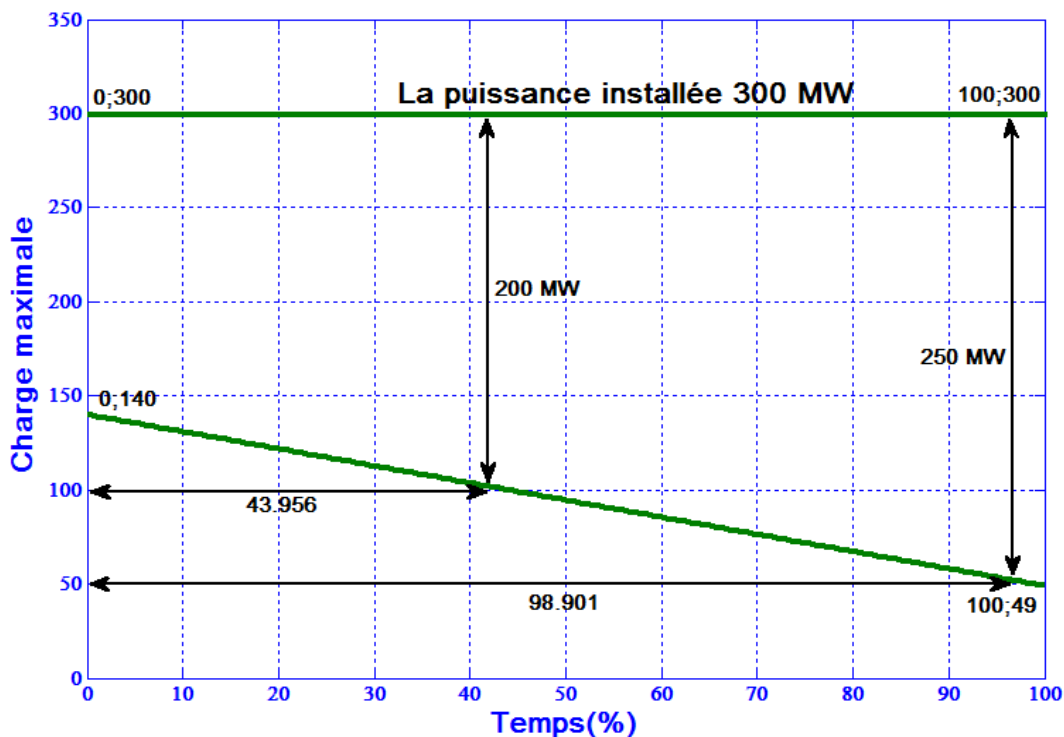


Figure 3.11 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 140 MW)

3.4.2.2.2- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 200 MW et la charge minimale égale 70 MW:

Tableau 3.12: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 200MW d'un système composé de trois générateurs

Capacité de production en panne(MW)	Capacité de production en service(MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
0	300	0.94119	-	-
50	250	0.019208	-	-
100	200	0.019208	-	-
150	150	0.019208	38.462	0.73877
150	150	0.000392	38.462	0.015077
200	100	0.000392	76.923	0.030154
250	50	0.000392	100	0.0392
300	0	8e-006	100	0.0008

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 200 MW à un minimum de 70 MW, comme représentée sur la **Figure 3.12**.

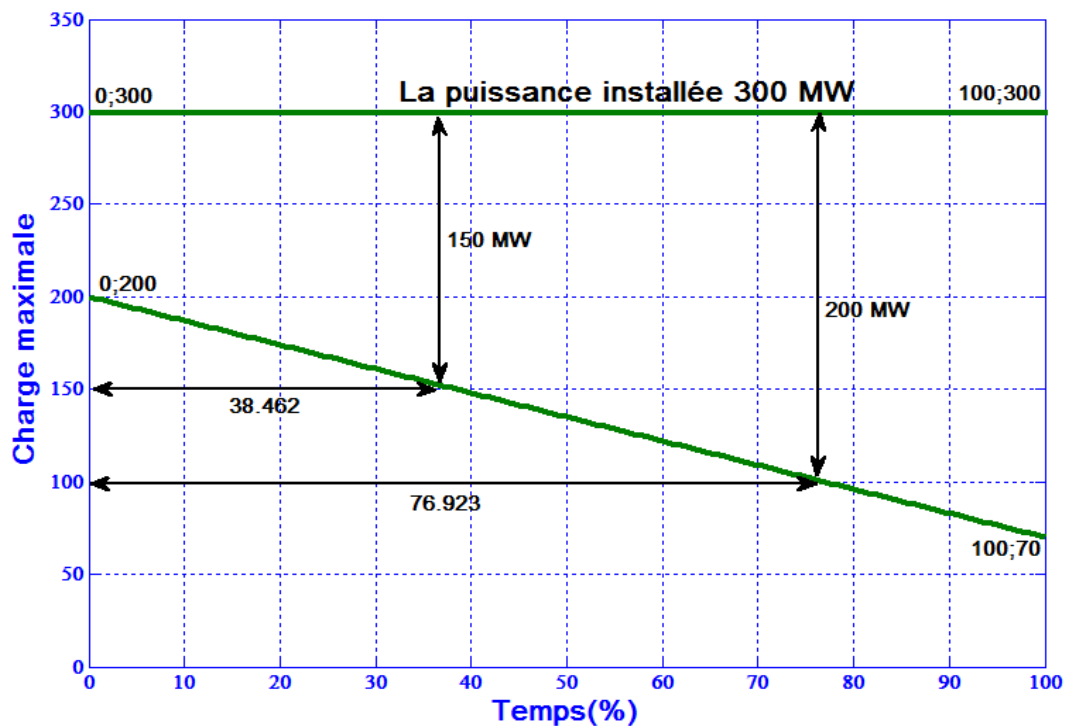


Figure 3.12 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 200 MW)

3.4.2.2.3- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 300 MW et la charge minimale égale 105 MW:

Tableau 3.13: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 300MW d'un système composé de trois générateurs

Capacité de production en panne(MW)	Capacité de production en service(MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
0	300	0.94119	-	-
50	250	0.019208	25.641	0.49251
100	200	0.019208	51.282	0.98503
150	150	0.019208	76.923	1.4775
150	150	0.000392	76.923	0.030154
200	100	0.000392	100	0.0392
250	50	0.000392	100	0.0392
300	0	8e-006	100	0.0008

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 300 MW à un minimum de 105 MW, comme représentée sur la **Figure 3.13**.

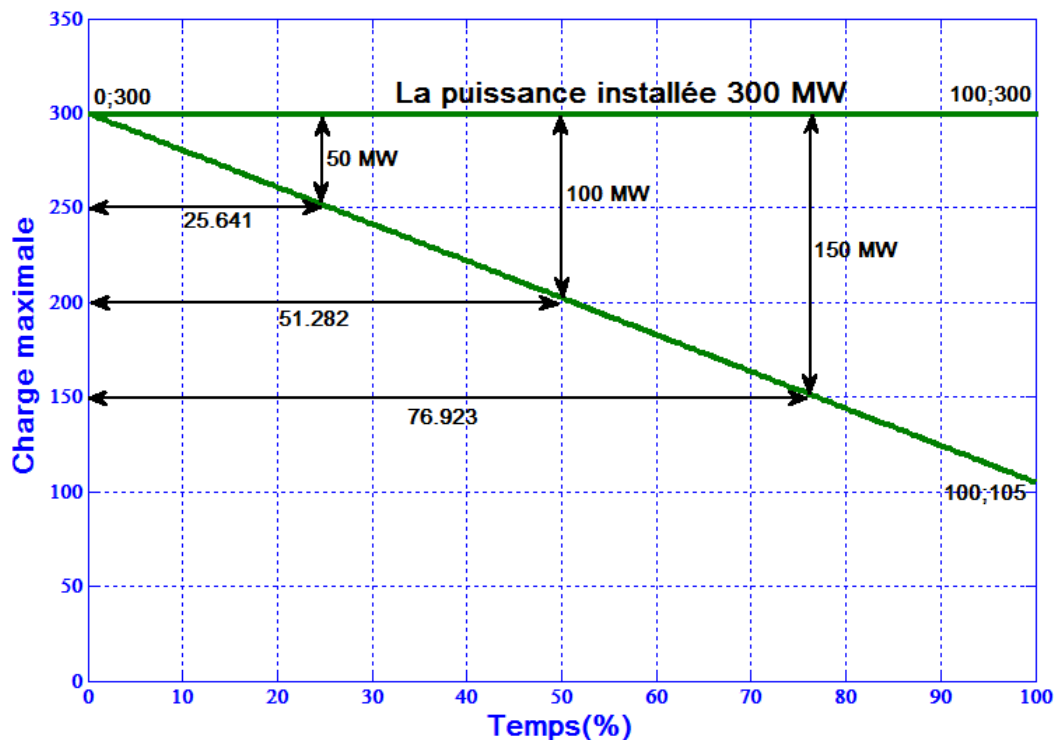


Figure 3.13 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 300 MW)

3.4.2.2.4- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 330 MW et la charge minimale égale 115.5 MW:

Tableau 3.14: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 330MW d'un système composé de trois générateurs

Capacité de production en panne(MW)	Capacité de production en service(MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
0	300	0.94119	13.986	13.164
50	250	0.019208	37.296	0.71638
100	200	0.019208	60.606	1.1641
150	150	0.019208	83.916	1.6119
150	150	0.000392	83.916	0.032895
200	100	0.000392	100	0.0392
250	50	0.000392	100	0.0392
300	0	8e-006	100	0.0008

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 330 MW à un minimum de 115.5 MW, comme représentée sur la **Figure 3.14**.

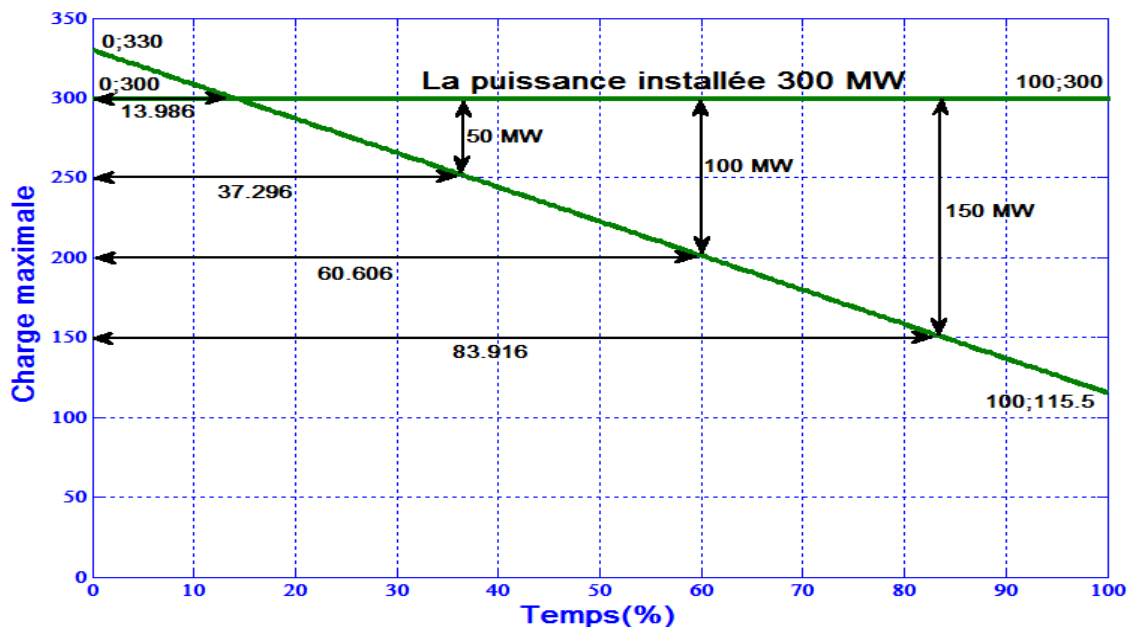


Figure 3.14: Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 330 MW)

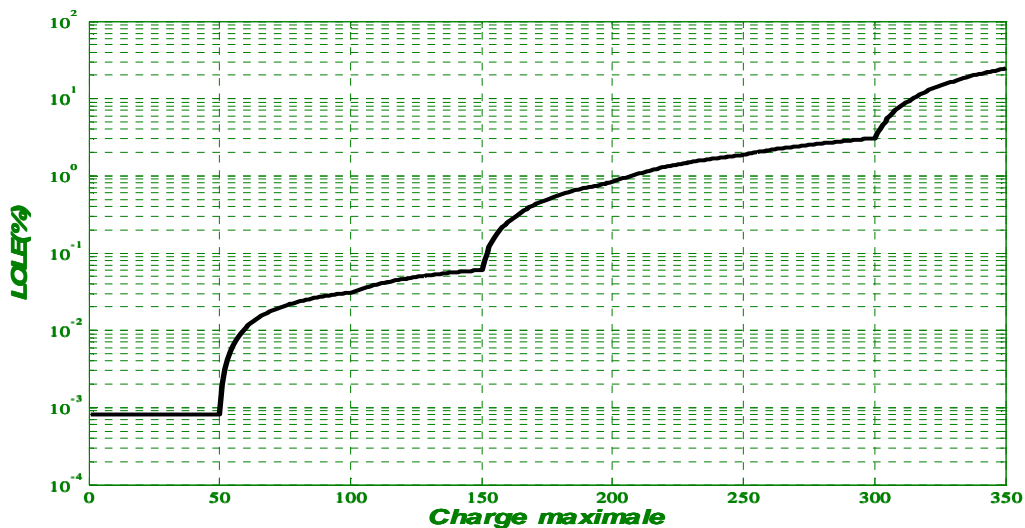


Figure 3.15 : Courbe de pic de charge d'une centrale à 3 générateurs

3.4.2.3- Central à quatre (04) Générateurs:

3.4.2.3.1- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 140 MW et la charge minimale égale 49 MW :

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

Tableau 3.15 : calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 140MW d'un système composé de quatre générateurs

Capacité de production en panne(MW)	Capacité de production en service(MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
0	300	0.92237	-	-
50	250	0.018824	-	-
50	250	0.018824	-	-
100	200	0.00038416	-	-
100	200	0.018824	-	-
150	150	0.00038416	-	-
150	150	0.00038416	-	-
200	100	7.84e-006	43.956	0.00034462
100	200	0.018824	-	-
150	150	0.00038416	-	-
150	150	0.00038416	-	-
200	100	7.84e-006	43.956	0.00034462
200	100	0.00038416	43.956	0.016886
250	50	7.84e-006	98.901	0.00077538
250	50	7.84e-006	98.901	0.00077538
300	0	1.6e-007	100	1.6e-005

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 140 MW à un minimum de 49 MW, comme représentée sur **Figure 3.16**.

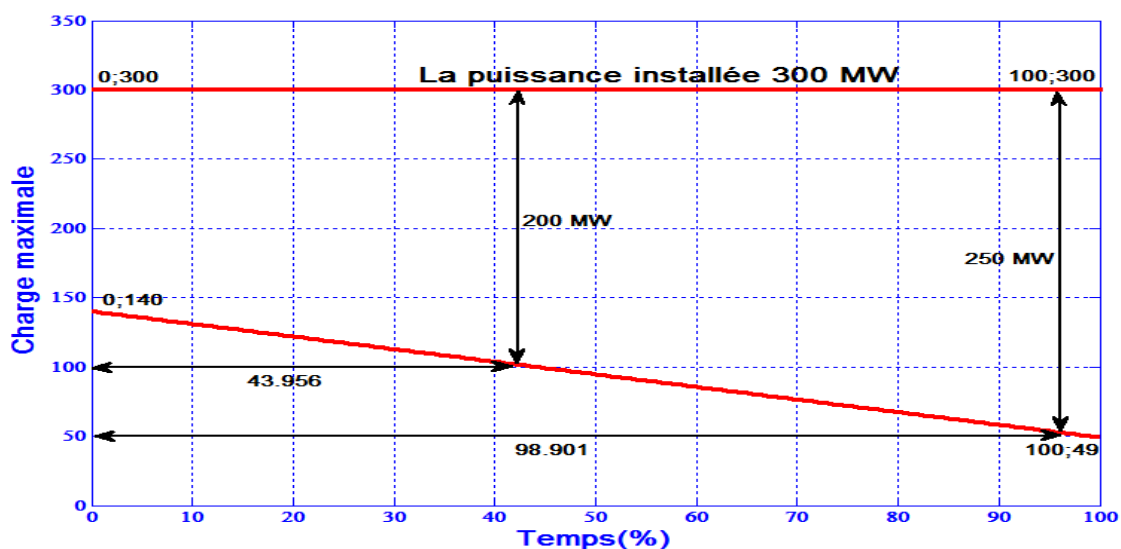


Figure 3.16 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 140 MW)

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

3.4.2.3.2- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 200 MW et la charge minimale égale 70 MW :

Tableau 3.16 : calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 200MW d'un système composé de quatre générateurs

Capacité de production en panne(MW)	Capacité de production en service(MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
0	300	0.92237	-	-
50	250	0.018824	-	-
50	250	0.018824	-	-
100	200	0.00038416	-	-
100	200	0.018824	-	-
150	150	0.00038416	38.462	0.014775
150	150	0.00038416	38.462	0.014775
200	100	7.84e-006	76.923	0.00060308
100	200	0.018824	-	-
150	150	0.00038416	38.462	0.014775
150	150	0.00038416	38.462	0.014775
200	100	7.84e-006	76.923	0.00060308
200	100	0.00038416	76.923	0.029551
250	50	7.84e-006	100	0.000784
250	50	7.84e-006	100	0.000784
300	0	1.6e-007	100	1.6e-005

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 200 MW à un minimum de 70 MW, comme représentée sur la **Figure 3.17**.

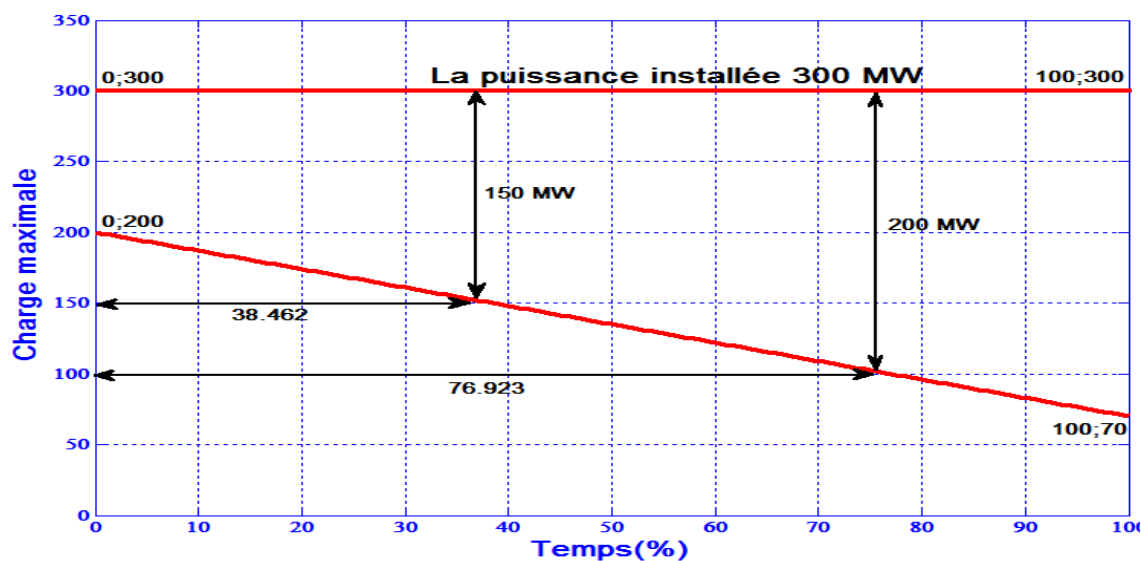


Figure 3.17 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 200 MW)

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

3.4.2.3.3- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 300 MW et la charge minimale égale 105 MW :

Tableau 3.17 : calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 300MW d'un système composé de quatre générateurs

Capacité de production en panne(MW)	Capacité de production en service(MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
0	300	0.92237	-	-
50	250	0.018824	25.641	0.48266
50	250	0.018824	25.641	0.48266
100	200	0.00038416	51.282	0.019701
100	200	0.018824	51.282	0.96533
150	150	0.00038416	76.923	0.029551
150	150	0.00038416	76.923	0.029551
200	100	7.84e-006	100	0.000784
100	200	0.018824	51.282	0.96533
150	150	0.00038416	76.923	0.029551
150	150	0.00038416	76.923	0.029551
200	100	7.84e-006	100	0.000784
200	100	0.00038416	100	0.038416
250	50	7.84e-006	100	0.000784
250	50	7.84e-006	100	0.000784
300	0	1.6e-007	100	1.6e-005

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 300 MW à un minimum de 105 MW, comme représentée sur la **Figure 3.18**.

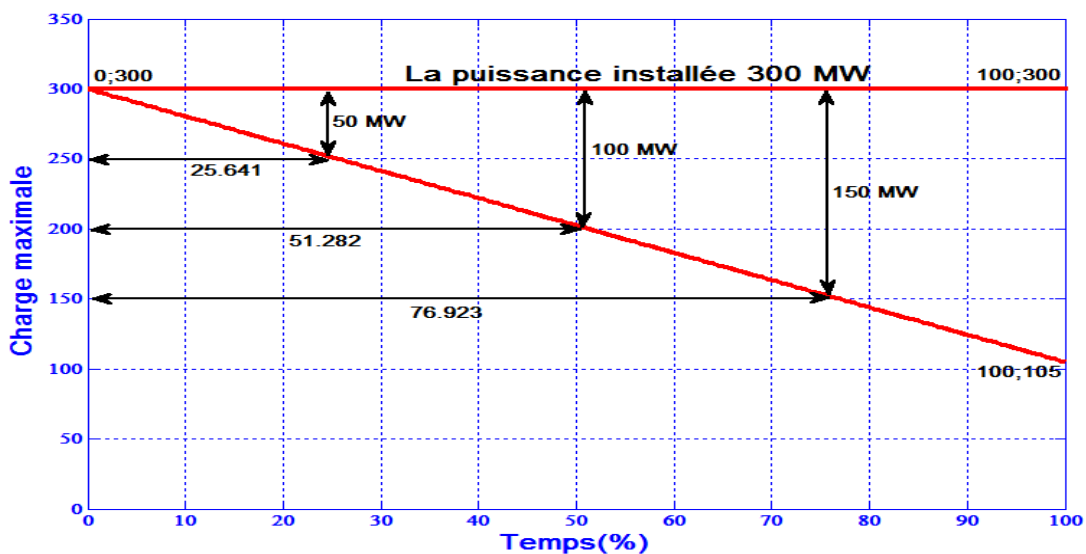


Figure 3.18 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 300 MW)

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

3.4.2.3.4- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 330 MW et la charge minimale égale 115.5 MW :

Tableau 3.18 : calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 330MW d'un système composé de quatre générateurs

Capacité de production en panne(MW)	Capacité de production en service(MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
0	300	0.92237	13.986	12.9
50	250	0.018824	37.296	0.70205
50	250	0.018824	37.296	0.70205
100	200	0.00038416	60.606	0.023282
100	200	0.018824	60.606	1.1408
150	150	0.00038416	83.916	0.032237
150	150	0.00038416	83.916	0.032237
200	100	7.84e-006	100	0.000784
100	200	0.018824	60.606	1.1408
150	150	0.00038416	83.916	0.032237
150	150	0.00038416	83.916	0.032237
200	100	7.84e-006	100	0.000784
200	100	0.00038416	100	0.038416
250	50	7.84e-006	100	0.000784
250	50	7.84e-006	100	0.000784
300	0	1.6e-007	100	1.6e-005

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 330 MW à un minimum de 115.5 MW, comme représentée sur la **Figure 3.19**.

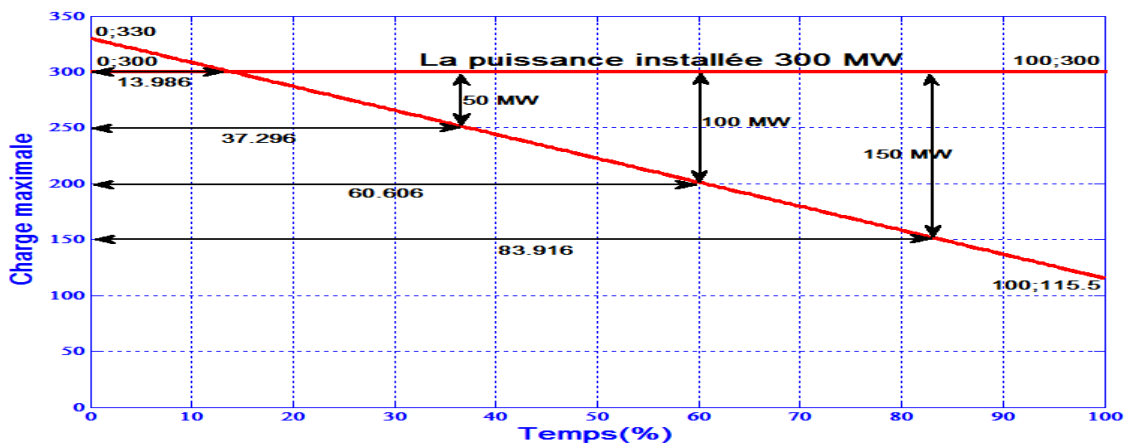


Figure 3.19 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 330 MW)

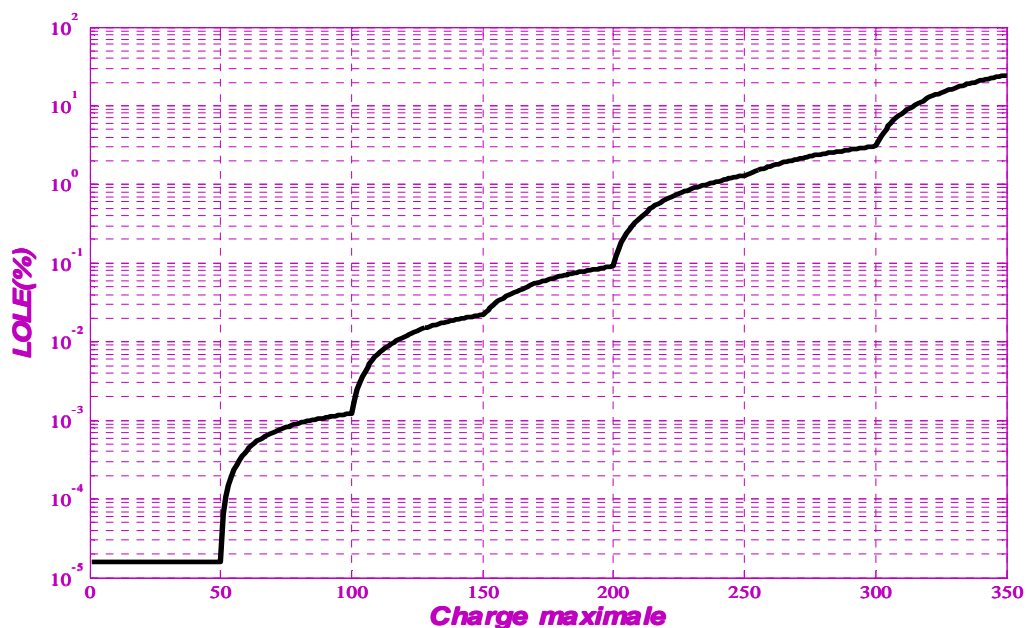


Figure 3.20 : Courbe de pic de charge d'une centrale à 4 générateurs

3.4.2.4- Central à cinq (05) Générateurs:

3.4.2.4.1- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 140 MW et la charge minimale égale 49 MW :

Tableau 3.19 : calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 140MW d'un système composé de cinq générateurs

Capacité de production en panne(MW)	Capacité de production en service(MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
0	300	0.90392	-	-
50	250	0.018447	-	-
50	250	0.018447	-	-
100	200	0.00037648	-	-
50	250	0.018447	-	-
100	200	0.00037648	-	-
100	200	0.00037648	-	-
150	150	7.6832e-006	-	-
50	250	0.018447	-	-
100	200	0.00037648	-	-
100	200	0.00037648	-	-

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

150	150	7.6832e-006	-	-
100	200	0.00037648	-	-
150	150	7.6832e-006	-	-
150	150	7.6832e-006	-	-
200	100	1.568e-007	43.956	6.8923e-006
100	200	0.018447	-	-
150	150	0.00037648	-	-
150	150	0.00037648	-	-
200	100	7.6832e-006	43.956	0.00033772
150	150	0.00037648	-	-
200	100	7.6832e-006	43.956	0.00033772
200	100	7.6832e-006	43.956	0.00033772
250	50	1.568e-007	98.901	1.5508e-005
150	150	0.00037648	-	-
200	100	7.6832e-006	43.956	0.00033772
200	100	7.6832e-006	43.956	0.00033772
250	50	1.568e-007	98.901	1.5508e-005
200	100	7.6832e-006	43.956	0.00033772
250	50	1.568e-007	98.901	1.5508e-005
250	50	1.568e-007	98.901	1.5508e-005
300	0	3.2e-009	100	3.2e-007

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 140 MW à un minimum de 49 MW, comme représentée sur la **Figure 3.21**.

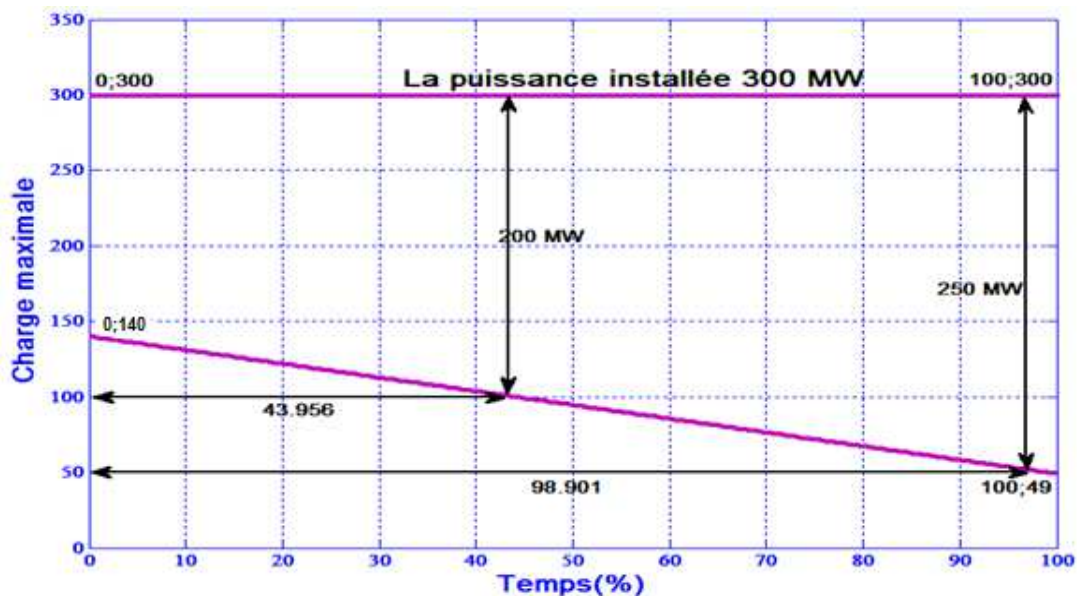


Figure 3.21 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 140 MW)

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

3.4.2.4.2- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 200 MW et la charge minimale égale 70 MW :

Tableau 3.20 : calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 200MW d'un système composé de cinq générateurs

Capacité de production en panne(MW)	Capacité de production en service(MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
0	300	0.90392	-	-
50	250	0.018447	-	-
50	250	0.018447	-	-
100	200	0.00037648	-	-
50	250	0.018447	-	-
100	200	0.00037648	-	-
100	200	0.00037648	-	-
150	150	7.6832e-006	38.462	0.00029551
50	250	0.018447	-	-
100	200	0.00037648	-	-
100	200	0.00037648	-	-
150	150	7.6832e-006	38.462	0.00029551
100	200	0.00037648	-	-
150	150	7.6832e-006	38.462	0.00029551
150	150	7.6832e-006	38.462	0.00029551
200	100	1.568e-007	76.923	1.2062e-005
100	200	0.018447	-	-
150	150	0.00037648	38.462	0.01448
150	150	0.00037648	38.462	0.01448
200	100	7.6832e-006	76.923	0.00059102
150	150	0.00037648	38.462	0.01448
200	100	7.6832e-006	76.923	0.00059102
200	100	7.6832e-006	76.923	0.00059102
250	50	1.568e-007	100	1.568e-005
150	150	0.00037648	38.462	0.01448
200	100	7.6832e-006	76.923	0.00059102
200	100	7.6832e-006	76.923	0.00059102
250	50	1.568e-007	100	1.568e-005
200	100	7.6832e-006	76.923	0.00059102
250	50	1.568e-007	100	1.568e-005
250	50	1.568e-007	100	1.568e-005
300	0	3.2e-009	100	3.2e-007

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 200 MW à un minimum de 70 MW, comme représentée sur la **Figure 3.22**.

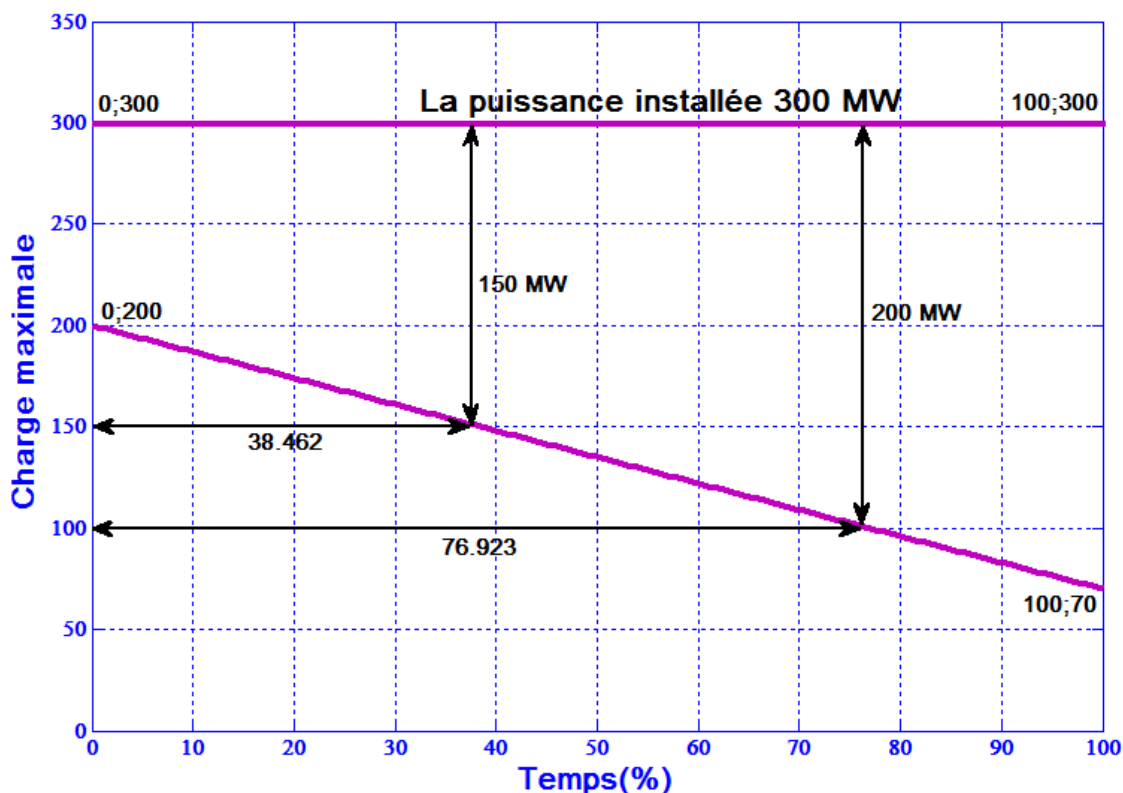


Figure 3.22 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 200 MW)

3.4.2.4.3- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 300 MW et la charge minimale égale 105 MW :

Tableau 3.21 : calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 300MW d'un système composé de cinq générateurs

Capacité de production en panne(MW)	Capacité de production en service(MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
0	300	0.90392	-	-
50	250	0.018447	25.641	0.47301
50	250	0.018447	25.641	0.47301
100	200	0.00037648	51.282	0.019307
50	250	0.018447	25.641	0.47301
100	200	0.00037648	51.282	0.019307
100	200	0.00037648	51.282	0.019307

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

150	150	7.6832e-006	76.923	0.00059102
50	250	0.018447	25.641	0.47301
100	200	0.00037648	51.282	0.019307
100	200	0.00037648	51.282	0.019307
150	150	7.6832e-006	76.923	0.00059102
100	200	0.00037648	51.282	0.019307
150	150	7.6832e-006	76.923	0.00059102
150	150	7.6832e-006	76.923	0.00059102
200	100	1.568e-007	100	1.568e-005
100	200	0.018447	51.282	0.94602
150	150	0.00037648	76.923	0.02896
150	150	0.00037648	76.923	0.02896
200	100	7.6832e-006	100	0.00076832
150	150	0.00037648	76.923	0.02896
200	100	7.6832e-006	100	0.00076832
200	100	7.6832e-006	100	0.00076832
200	100	7.6832e-006	100	0.00076832
250	50	1.568e-007	100	1.568e-005
150	150	0.00037648	76.923	0.02896
200	100	7.6832e-006	100	0.00076832
200	100	7.6832e-006	100	0.00076832
250	50	1.568e-007	100	1.568e-005
200	100	7.6832e-006	100	0.00076832
250	50	1.568e-007	100	1.568e-005
250	50	1.568e-007	100	1.568e-005
300	0	3.2e-009	100	3.2e-007

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 300 MW à un minimum de 105 MW, comme représentée sur la **Figure 3.23**.

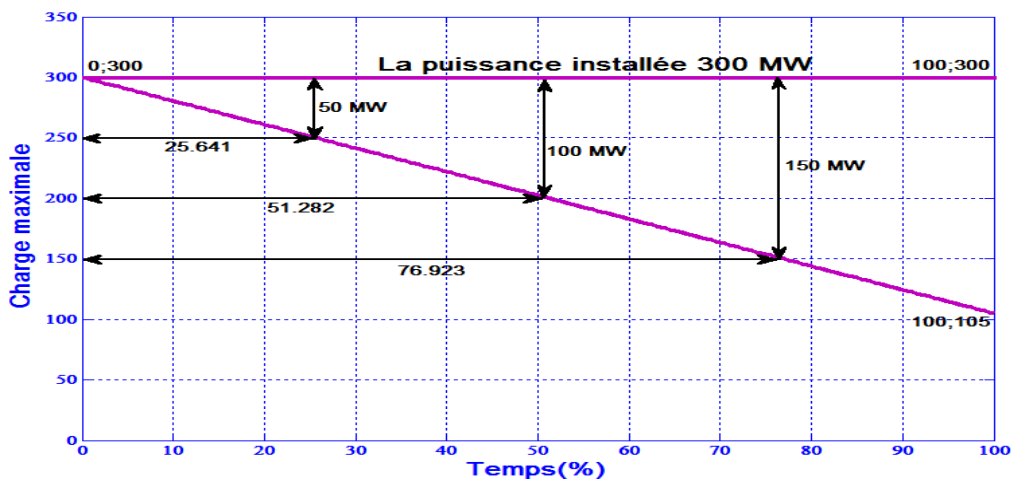


Figure 3.23 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 300 MW)

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

3.4.2.4.4- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 330 MW et la charge minimale égale 115.5 MW :

Tableau 3.22 : calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 330MW d'un système composé de cinq générateurs

Capacité de production en panne(MW)	Capacité de production en service(MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
0	300	0.90392	13.986	12.642
50	250	0.018447	37.296	0.68801
50	250	0.018447	37.296	0.68801
100	200	0.00037648	60.606	0.022817
50	250	0.018447	37.296	0.68801
100	200	0.00037648	60.606	0.022817
100	200	0.00037648	60.606	0.022817
150	150	7.6832e-006	83.916	0.00064474
50	250	0.018447	37.296	0.68801
100	200	0.00037648	60.606	0.022817
100	200	0.00037648	60.606	0.022817
150	150	7.6832e-006	83.916	0.00064474
100	200	0.00037648	60.606	0.022817
150	150	7.6832e-006	83.916	0.00064474
150	150	7.6832e-006	83.916	0.00064474
200	100	1.568e-007	100	1.568e-005
100	200	0.018447	60.606	1.118
150	150	0.00037648	83.916	0.031592
150	150	0.00037648	83.916	0.031592
200	100	7.6832e-006	100	0.00076832
150	150	0.00037648	83.916	0.031592
200	100	7.6832e-006	100	0.00076832
200	100	7.6832e-006	100	0.00076832
250	50	1.568e-007	100	1.568e-005
150	150	0.00037648	83.916	0.031592
200	100	7.6832e-006	100	0.00076832
200	100	7.6832e-006	100	0.00076832
250	50	1.568e-007	100	1.568e-005
200	100	7.6832e-006	100	0.00076832
250	50	1.568e-007	100	1.568e-005
250	50	1.568e-007	100	1.568e-005
300	0	3.2e-009	100	3.2e-007

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 330 MW à un minimum de 115.5 MW, comme représentée sur la **Figure 3.24**.

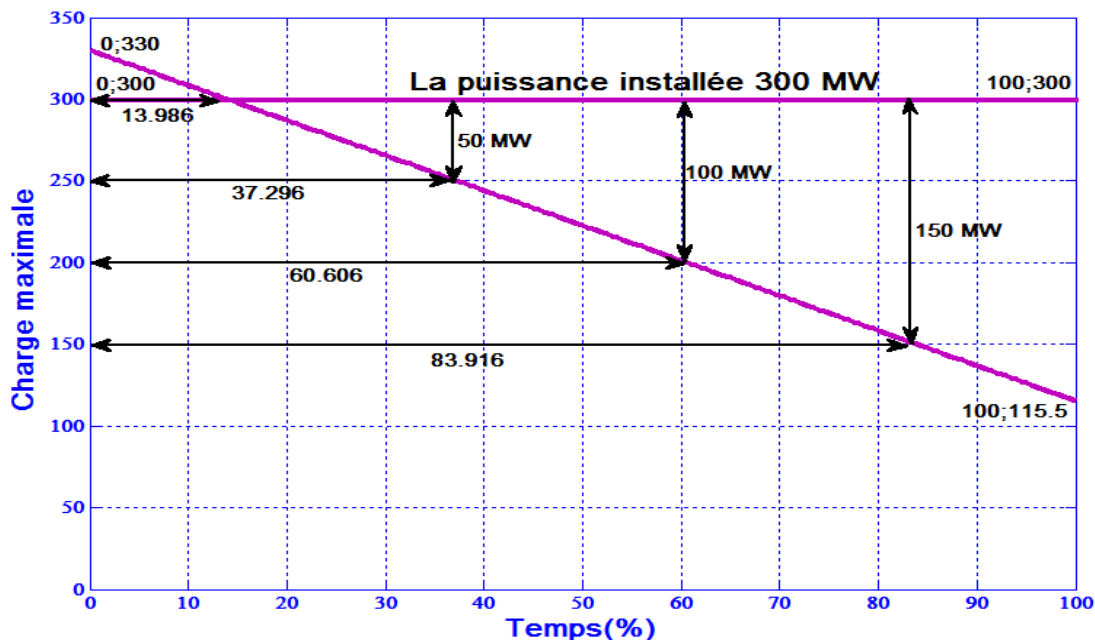


Figure 3.24 : Courbe de variation du pic de charge quotidienne (Charge maximal 330 MW)

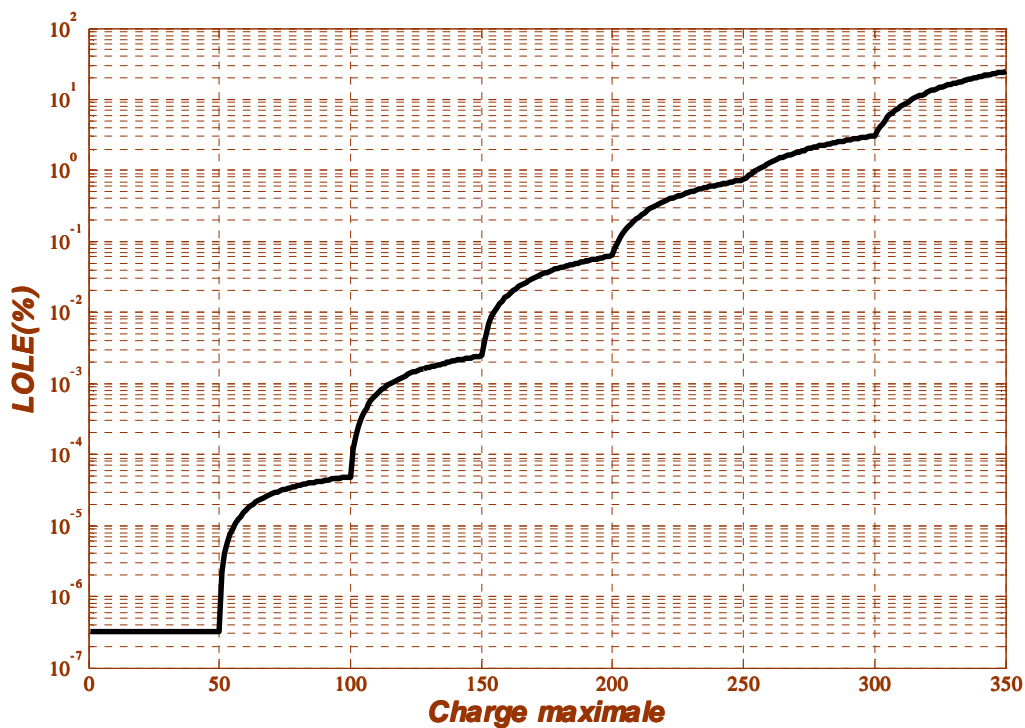


Figure 3.25 : Courbe de pic de charge d'une centrale à 5 générateurs

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

Tableau 3.23 : Effet de la variation du nombre de générateur et de la variation de la charge sur l'indice LOLE

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 (%)						
300	49	140	0.90154	0.0568	0.019142	0.0020956
	70	200	1.5477	0.824	0.091442	0.062723
	105	300	3.0051	3.0644	3.0754	3.0768
	115.5	330	16.62	16.768	16.78	16.783

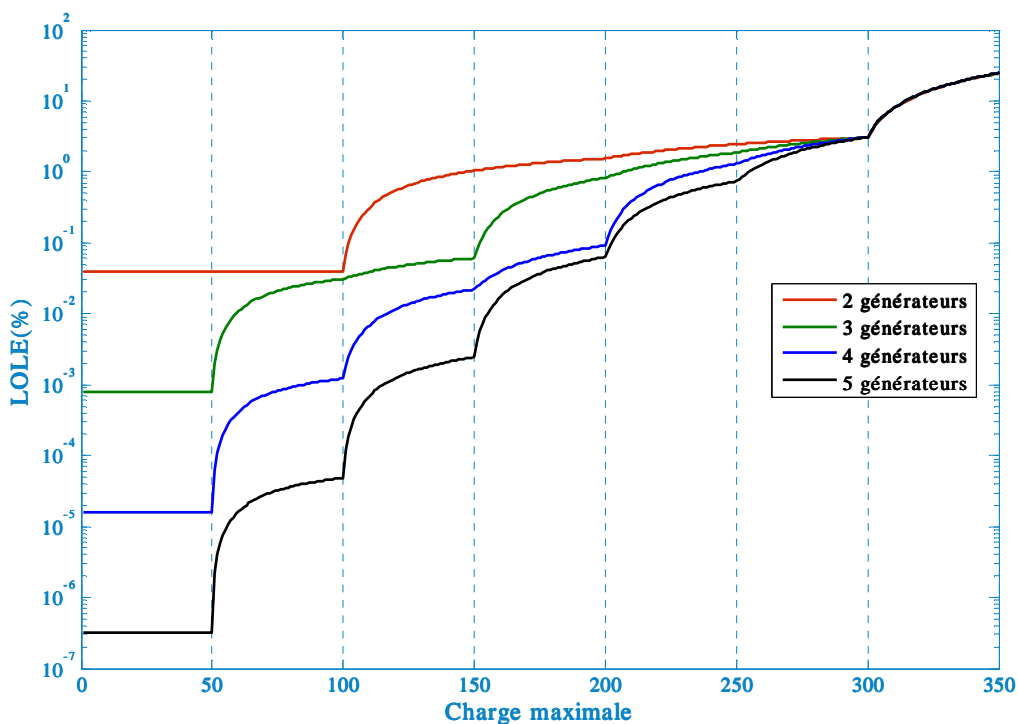


Figure 3.26 : Ensemble des courbes de pic de charge des centrales à 5, 4, 3, et à 2 générateurs

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

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 3.23**. Il peut être conclu 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 est important, le nombre élevé des états du système comprend plus de possibilité favorable pour le bon fonctionnement du système d'une part, d'autre part la puissance totale installée est répartie sur plusieurs unités de production (générateur), ce qui diminue la puissance qui peut être hors service par la panne des générateurs.
- Dans chaque configuration il est très remarquable qu'à chaque fois la réserve de la puissance installée est importante, le système devient plus fiable, ce qui est traduit par une diminution du risque LOLE, il peut être dit que du point de vue de la consommation d'électricité que la réserve diminue avec la croissance de la charge.
- On remarque également que lorsque la réserve du système de production est inférieure ou égale à zéro l'augmentation du nombre des unités de production donne des résultats inverses (augmentation du risque LOLE).
- Finalement les résultats discutés dans les trois points précédents obtenus du **tableau 3.23** sont bien représentés sur la **figure 3.26**. La figure nous révèle d'une manière graphique les variations étudiées et les remarques retirées. En plus il est possible de lire sur la figure en question que tous les graphes convergent vers un point commun.
- La **figure 3.26** justifie aussi d'une manière claire les divergences de chaque modèle aux points correspondants 50, 100, 150, ...etc. Cette divergence est causée par les capacités hors service suite aux pannes possibles dans les modèles, d'une autre manière à chaque fois on perd une unité (une capacité perdue) la puissance installée diminue ce qui traduit la diminution de la réserve de puissance de la centrale, cela provoque une brusque divergence du comportement du système (model).

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

Dans cette section d'application de la thèse, le calcul de l'indice LOLE est effectué pour une centrale à trois générateurs pour les différents cas de figures concernant la variation

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

du taux de panne forcé, et dans chaque cas la charge a été variée pour étudier l'influence sur l'LOLE. Voir le **Tableau 3.24**.

Tableau 3.24 : Les différentes variations du taux de panne forcé et de la charge

Centrale	Cas	Probabilité favorable A	Probabilité défavorable U	Charge Maximale
3 générateurs	1 ^{er} cas	0.99	0.01	300, 250, 200, 150
	2 ^{eme} cas	0.98	0.02	300, 250, 200, 150
	3 ^{eme} cas	0.97	0.03	300, 250, 200, 150
	4 ^{eme} Cas	0.96	0.04	300, 250, 200, 150

3.4.3.1-premier cas : A=0.99 et U=0.01 :

3.4.3.1.1- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 150 MW

Tableau 3.25: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 150MW d'un système composé de trois générateurs

Etat N°	3G			Capacité En panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
1	0	0	0	0	300	0.9703	0	0
2	0	0	1	50	250	0.009801	0	0
3	0	1	0	100	200	0.009801	0	0
4	1	0	0	150	150	0.009801	0	0
5	0	1	1	150	150	9.9e-005	0	0
6	1	0	1	200	100	9.9e-005	51.282	0.0050769
7	1	1	0	250	50	9.9e-005	100	0.0099
8	1	1	1	300	0	1e-006	100	0.0001

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

3.4.3.1.2- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 200 MW

Tableau 3.26: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 200MW d'un système composé de trois générateurs

Etat N°	3G			Capacité En panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
1	0	0	0	0	300	0.9703	0	0
2	0	0	1	50	250	0.009801	0	0
3	0	1	0	100	200	0.009801	0	0
4	1	0	0	150	150	0.009801	38.462	0.37696
5	0	1	1	150	150	9.9e-005	38.462	0.0038077
6	1	0	1	200	100	9.9e-005	76.923	0.0076154
7	1	1	0	250	50	9.9e-005	100	0.0099
8	1	1	1	300	0	1e-006	100	0.0001

3.4.3.1.3- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 250 MW

Tableau 3.27: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 250MW d'un système composé de trois générateurs

Etat N°	3G			Capacité En panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
1	0	0	0	0	300	0.9703	0	0
2	0	0	1	50	250	0.009801	0	0
3	0	1	0	100	200	0.009801	30.769	0.30157
4	1	0	0	150	150	0.009801	61.538	0.60314
5	0	1	1	150	150	9.9e-005	61.538	0.0060923
6	1	0	1	200	100	9.9e-005	92.308	0.0091385
7	1	1	0	250	50	9.9e-005	100	0.0099
8	1	1	1	300	0	1e-006	100	0.0001

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

3.4.3.1.4- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 300 MW

Tableau 3.28: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 300MW d'un système composé de trois générateurs

Etat N°	3G			Capacité En panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
1	0	0	0	0	300	0.9703	0	0
2	0	0	1	50	250	0.009801	25.641	0.25131
3	0	1	0	100	200	0.009801	51.282	0.50262
4	1	0	0	150	150	0.009801	76.923	0.75392
5	0	1	1	150	150	9.9e-005	76.923	0.0076154
6	1	0	1	200	100	9.9e-005	100	0.0099
7	1	1	0	250	50	9.9e-005	100	0.0001
8	1	1	1	300	0	1e-006	100	0.0001

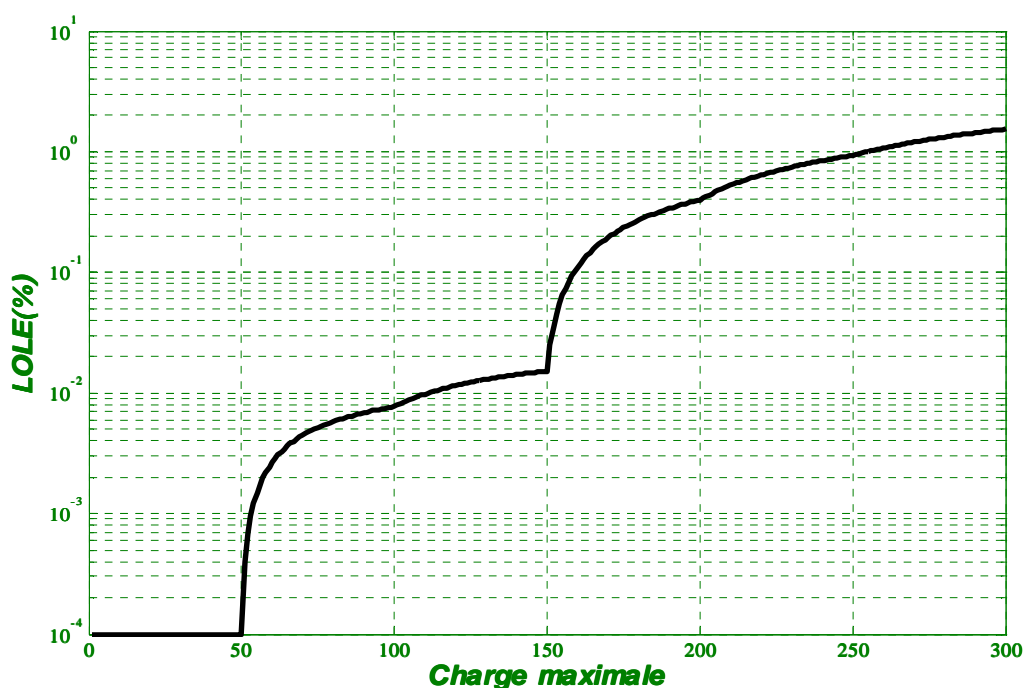


Figure 3.27 : Courbe de pic de charge d'une centrale à 3 générateurs avec un taux de panne forcé $U=0.01$

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

3.4.3.2-deuxième cas: A=0.98 et U=0.02

3.4.3.2.1- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 150 MW

Tableau 3.29: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 150MW d'un système composé de trois générateurs

Etat N°	3G			Capacité En panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
1	0	0	0	0	300	0.94119	0	0
2	0	0	1	50	250	0.019208	0	0
3	0	1	0	100	200	0.019208	0	0
4	1	0	0	150	150	0.019208	0	0
5	0	1	1	150	150	0.000392	0	0
6	1	0	1	200	100	0.000392	51.282	0.020103
7	1	1	0	250	50	0.000392	100	0.0392
8	1	1	1	300	0	0.000008	100	0.0008

3.4.3.2.2- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 200 MW

Tableau 3.30: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 200MW d'un système composé de trois générateurs

Etat N°	3G			Capacité En panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
1	0	0	0	0	300	0.94119	0	0
2	0	0	1	50	250	0.019208	0	0
3	0	1	0	100	200	0.019208	0	0
4	1	0	0	150	150	0.019208	38.462	0.73877
5	0	1	1	150	150	0.000392	38.462	0.015077
6	1	0	1	200	100	0.000392	76.923	0.030154
7	1	1	0	250	50	0.000392	100	0.0392
8	1	1	1	300	0	0.000008	100	0.0008

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

3.4.3.2.3- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 250 MW

Tableau 3.31: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 250MW d'un système composé de trois générateurs

Etat N°	3G			Capacité En panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
1	0	0	0	0	300	0.94119	0	0
2	0	0	1	50	250	0.019208	0	0
3	0	1	0	100	200	0.019208	30.769	0.59102
4	1	0	0	150	150	0.019208	61.538	1.182
5	0	1	1	150	150	0.000392	61.538	0.024123
6	1	0	1	200	100	0.000392	92.308	0.036185
7	1	1	0	250	50	0.000392	100	0.0392
8	1	1	1	300	0	0.000008	100	0.0008

3.4.3.2.4- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 300 MW

Tableau 3.32: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 300MW d'un système composé de trois générateurs

Etat N°	3G			Capacité En panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
1	0	0	0	0	300	0.94119	0	0
2	0	0	1	50	250	0.019208	25.641	0.49251
3	0	1	0	100	200	0.019208	51.282	0.98503
4	1	0	0	150	150	0.019208	76.923	1.4775
5	0	1	1	150	150	0.000392	76.923	0.030154
6	1	0	1	200	100	0.000392	100	0.0392
7	1	1	0	250	50	0.000392	100	0.0392
8	1	1	1	300	0	0.000008	100	0.0008

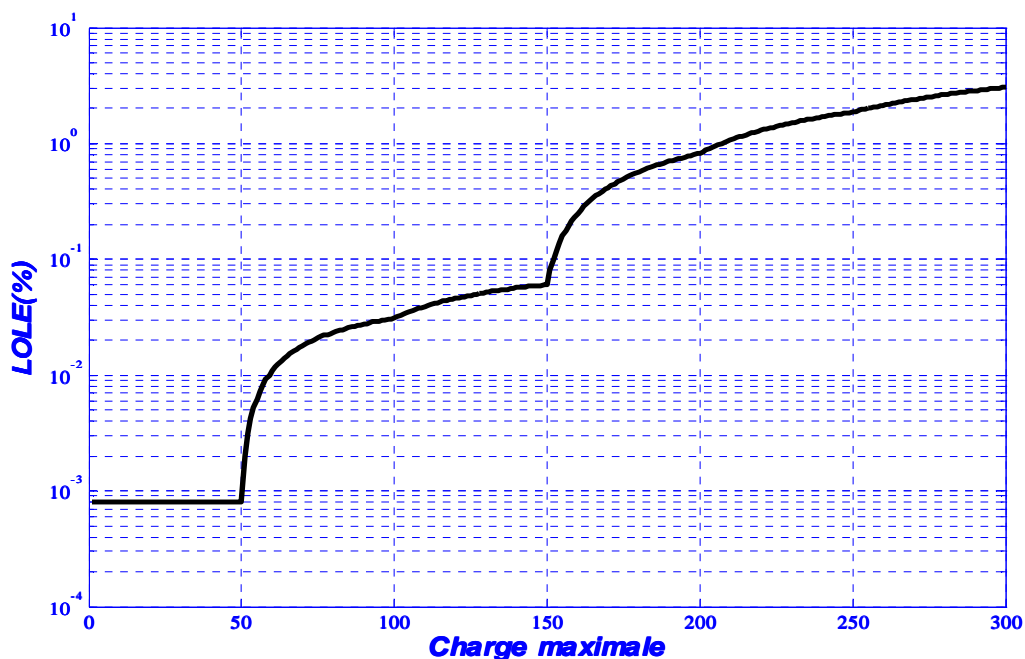


Figure 3.28 : Courbe de pic de charge d'une centrale à 3 générateurs avec un taux de panne forcé $U=0.02$

3.4.3.3 Troisième cas : $A=0.97$ et $U=0.03$:

3.4.3.3.1- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 150 MW

Tableau 3.33: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 150MW d'un système composé de trois générateurs

Etat N°	3G			Capacité En panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
1	0	0	0	0	300	0.91267	0	0
2	0	0	1	50	250	0.028227	0	0
3	0	1	0	100	200	0.028227	0	0
4	1	0	0	150	150	0.028227	0	0
5	0	1	1	150	150	0.000873	0	0
6	1	0	1	200	100	0.000873	51.282	0.044769
7	1	1	0	250	50	0.000873	100	0.0873
8	1	1	1	300	0	2.7e-005	100	0.0027

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

3.4.3.3.2- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 200 MW

Tableau 3.34: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 200MW d'un système composé de trois générateurs

Etat N°	3G			Capacité En panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
1	0	0	0	0	300	0.91267	0	0
2	0	0	1	50	250	0.028227	0	0
3	0	1	0	100	200	0.028227	0	0
4	1	0	0	150	150	0.028227	38.462	1.0857
5	0	1	1	150	150	0.000873	38.462	0.033577
6	1	0	1	200	100	0.000873	76.923	0.067154
7	1	1	0	250	50	0.000873	100	0.0873
8	1	1	1	300	0	2.7e-005	100	0.0027

3.4.3.3.3- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 250 MW

Tableau 3.35: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 250MW d'un système composé de trois générateurs

Etat N°	3G			Capacité En panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
1	0	0	0	0	300	0.91267	0	0
2	0	0	1	50	250	0.028227	0	0
3	0	1	0	100	200	0.028227	30.769	0.86852
4	1	0	0	150	150	0.028227	61.538	1.737
5	0	1	1	150	150	0.000873	61.538	0.053723
6	1	0	1	200	100	0.000873	92.308	0.080585
7	1	1	0	250	50	0.000873	100	0.0873
8	1	1	1	300	0	2.7e-005	100	0.0027

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

3.4.3.3.4- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 300 MW

Tableau 3.36: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 300MW d'un système composé de trois générateurs

Etat N°	3G			Capacité En panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
1	0	0	0	0	300	0.91267	0	0
2	0	0	1	50	250	0.028227	25.641	0.72377
3	0	1	0	100	200	0.028227	51.282	1.4475
4	1	0	0	150	150	0.028227	76.923	2.1713
5	0	1	1	150	150	0.000873	76.923	0.067154
6	1	0	1	200	100	0.000873	100	0.0873
7	1	1	0	250	50	0.000873	100	0.0873
8	1	1	1	300	0	2.7e-005	100	0.0027

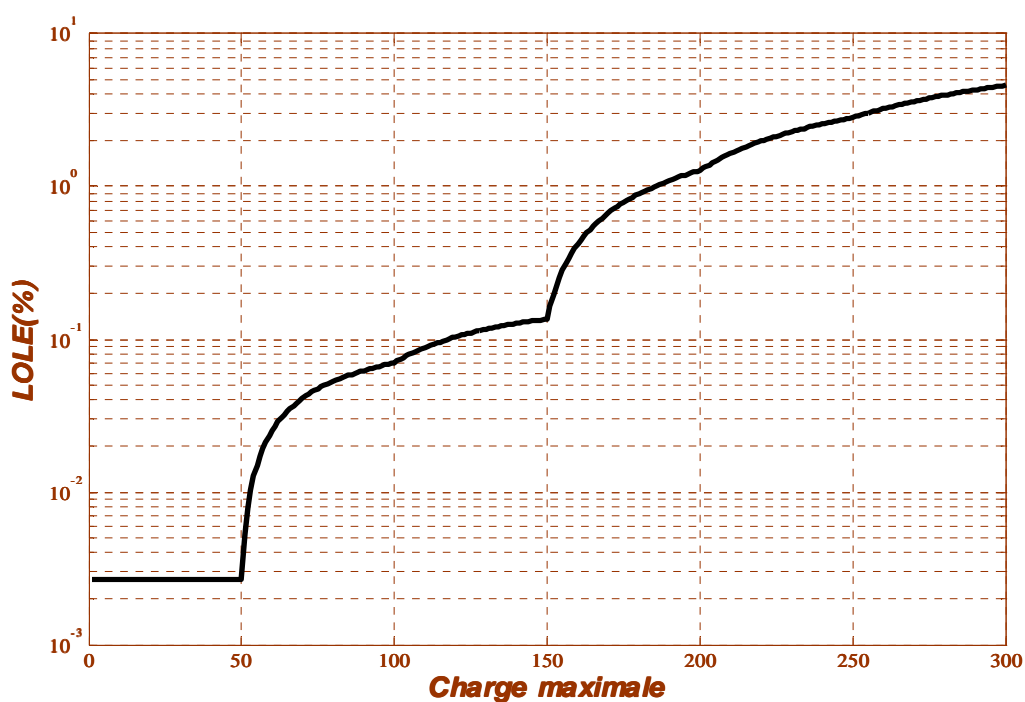


Figure 3.29 : Courbe de pic de charge d'une centrale à 3 générateurs avec un taux de panne forcé $U=0.03$

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

3.4.3.4-quatrième cas : A=0.96 et U=0.04 :

3.4.3.4.1- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 150 MW

Tableau 3.37: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 150MW d'un système composé de trois générateurs

Etat N°	3G			Capacité En panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
1	0	0	0	0	300	0.88474	0	0
2	0	0	1	50	250	0.036864	0	0
3	0	1	0	100	200	0.036864	0	0
4	1	0	0	150	150	0.036864	0	0
5	0	1	1	150	150	0.001536	0	0
6	1	0	1	200	100	0.001536	51.282	0.078769
7	1	1	0	250	50	0.001536	100	0.1536
8	1	1	1	300	0	6.4e-005	100	0.0064

3.4.3.4.2- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 200 MW

Tableau 3.38: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 200MW d'un système composé de trois générateurs

Etat N°	3G			Capacité En panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
1	0	0	0	0	300	0.88474	0	0
2	0	0	1	50	250	0.036864	0	0
3	0	1	0	100	200	0.036864	0	0
4	1	0	0	150	150	0.036864	38.462	1.4178
5	0	1	1	150	150	0.001536	38.462	0.059077
6	1	0	1	200	100	0.001536	76.923	0.11815
7	1	1	0	250	50	0.001536	100	0.1536
8	1	1	1	300	0	6.4e-005	100	0.0064

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

3.4.3.4.3- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 250 MW

Tableau 3.39: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 250MW d'un système composé de trois générateurs

Etat N°	3G			Capacité En panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
1	0	0	0	0	300	0.88474	0	0
2	0	0	1	50	250	0.036864	0	0
3	0	1	0	100	200	0.036864	30.769	1.1343
4	1	0	0	150	150	0.036864	61.538	2.2686
5	0	1	1	150	150	0.001536	61.538	0.094523
6	1	0	1	200	100	0.001536	92.308	0.14178
7	1	1	0	250	50	0.001536	100	0.1536
8	1	1	1	300	0	6.4e-005	100	0.0064

3.4.3.4.4- calcul de LOLE à l'état où la charge maximale égale 300 MW

Tableau 3.40: calcul de LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans l'état où la charge égale 300MW d'un système composé de trois générateurs

Etat N°	3G			Capacité En panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuelle	Temps(%)	LOLE(%)
1	0	0	0	0	300	0.88474	0	0
2	0	0	1	50	250	0.036864	25.641	0.94523
3	0	1	0	100	200	0.036864	51.282	1.8905
4	1	0	0	150	150	0.036864	76.923	2.8357
5	0	1	1	150	150	0.001536	76.923	0.11815
6	1	0	1	200	100	0.001536	100	0.1536
7	1	1	0	250	50	0.001536	100	0.1536
8	1	1	1	300	0	6.4e-005	100	0.0064

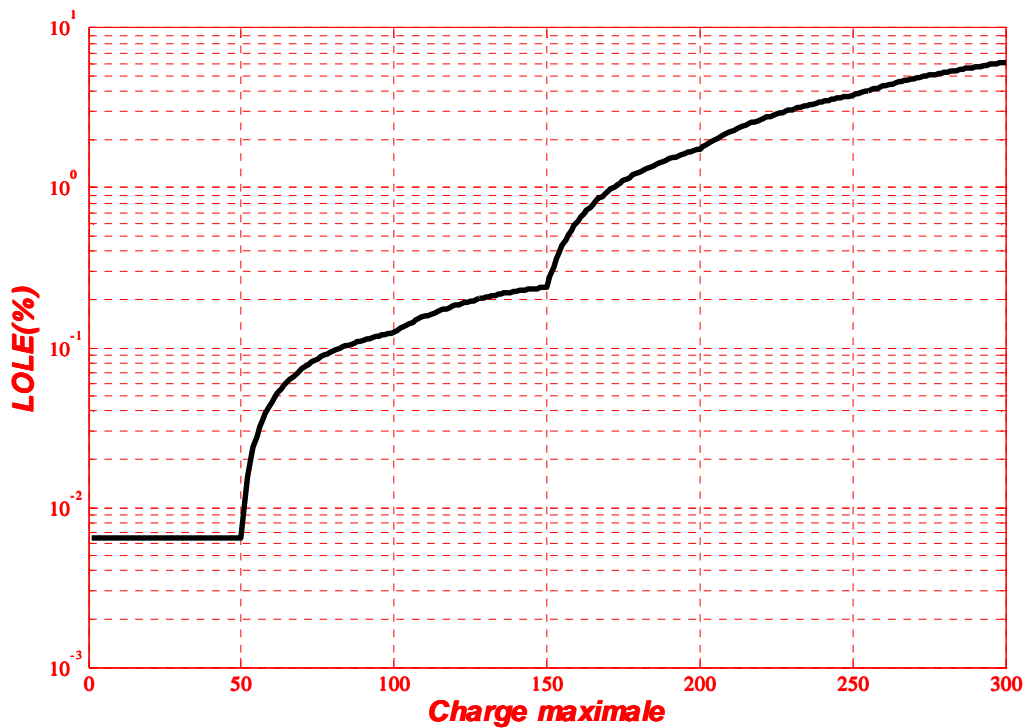


Figure 3.30 : Courbe de pic de charge d'une centrale à 3 générateurs avec un taux de panne forcé $U=0.04$

Tableau 3.41 : Effet du taux de panne forcé et de la charge sur le calcul de LOLE.

Pic de charge (MW)	Niveau de risque du système – LOLE			
	Taux de panne forcé – U			
	U= 0.01	U= 0.02	U= 0.03	U= 0.04
300	1.5354	3.0644	4.5871	6.1031
250	0.92994	1.8734	2.8299	3.7991
200	0.39838	0.824	1.2764	1.7551
150	0.015077	0.060103	0.13477	0.23877

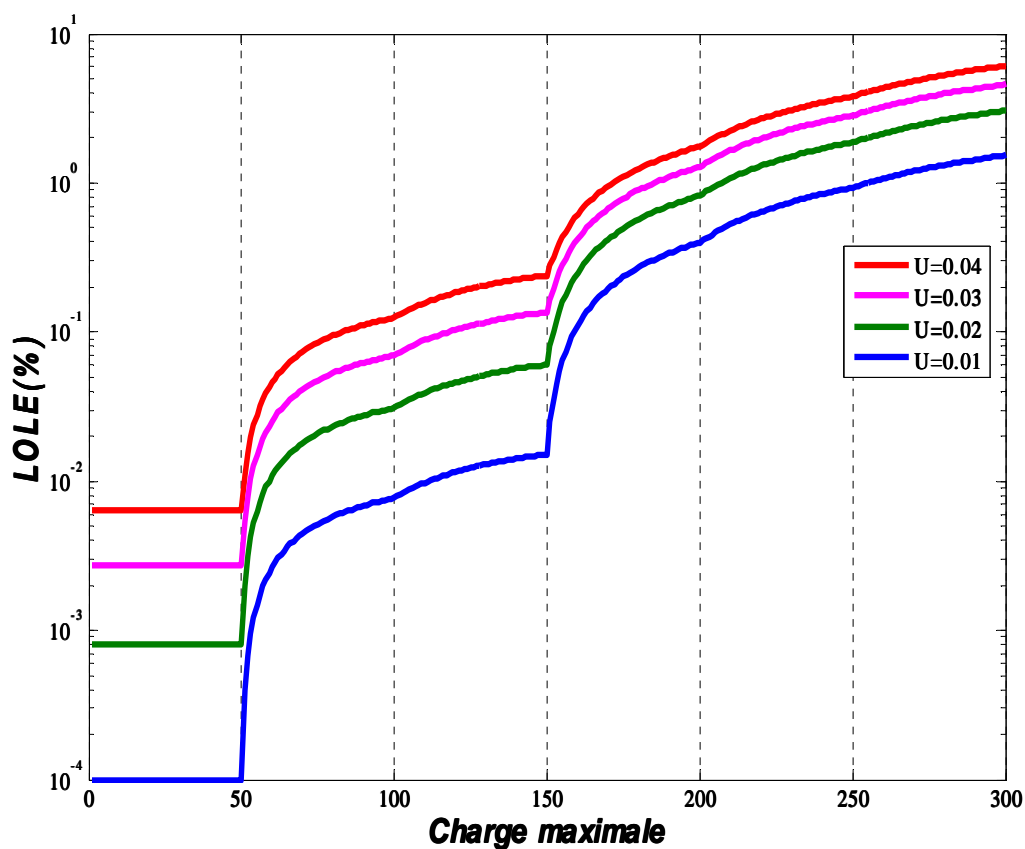


Figure 3.31 : Ensemble des courbes de pic de charge d'une centrale à 3 générateurs avec un taux de panne forcé $U=0.04$, $U=0.03$, $U=0.02$, $U=0.01$

Le **tableau 3.41** 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 soit 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 se traduit par la diminution de la fiabilité du système de production. Il est très remarquable que chaque fois la réserve de la puissance installée est importante pour la même constante U (taux de panne forcé) le système devient plus fiable, ce qui se traduit par une diminution de LOLE.

Les conclusions retirées du **tableau 3.41** sont bien illustré sur la **figure 3.31**, cette dernière montre l'influence du taux de panne forcé sur LOLE. Cet effet du taux de panne forcé

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

est du à sa contribution dans le calcul de la probabilité individuelle qui est proportionnel directement à LOLE.

3.5- La capacité maximale du système alimentant la charge du réseau : PLCC (Peak load carrying capability)

Le PLCC peut être défini comme la fonction du niveau du risque du système de production. Dans le système où le modèle est représenté sur le **tableau 3.42**, le PLCC du système à un niveau de risque correspondant à 1%.

Tableau 3.42 : Résultats de l'extension de la production

« Augmentation de la puissance installée ».

Année	Unité ajoutée (MW)	Capacité du système (MW)	Charge de point (MW)	LOLE (%)
1	-	200	100	0.04
2	-	200	107	0.43454
3	-	200	114.5	0.80372
4	-	200	122.5	1.1477
	50	250	122.5	0.058646
5	-	250	131	0.066632
6	-	250	140	0.074031
7	-	250	150	0.080205
8	-	250	160.5	0.47211
9	-	250	172	0.84644
10	-	250	184	1.1872
	50	300	184	0.07335
11	-	300	197	0.088274
12	-	300	211	0.40732
13	-	300	225.5	0.77662
14	-	300	241.5	1.1327
	50	350	241.5	0.086706
15	-	350	258.5	0.30081
16	-	350	276.5	0.68922
17	-	350	296	1.0566

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

Tableau 3.43 : Illustration des années de l'extension du model de production relié a LOLE limite.

Année	Capacité de système (MW)	Charge de point (MW)	LOLE (%)
4	200	119	1.003
10	250	179	1.051
14	300	236	1.016
17	350	293	1.003

Tableau 3.44 : Le renforcement de la production vis-à-vis de LOLE

Charge de pointe (MW)	La puissance installée			
	200 MW	250 MW	300 MW	350 MW
	LOLE (%)			
100	0.04	-	-	-
107	0.43454	-	-	-
114.5	0.80372	-	-	-
122.5	1.1477	0.058646	-	-
131	-	0.066632	-	-
140	-	0.074031	-	-
150	-	0.080205	-	-
160.5	-	0.47211	-	-
172	-	0.84644	-	-
184	-	1.1872	0.07335	-
197	-	-	0.088274	-
211	-	-	0.40732	-
225.5	-	-	0.77662	-
241.5	-	-	1.1327	0.086706
258.5	-	-	-	0.30081
276.5	-	-	-	0.68922
296	-	-	-	1.0566

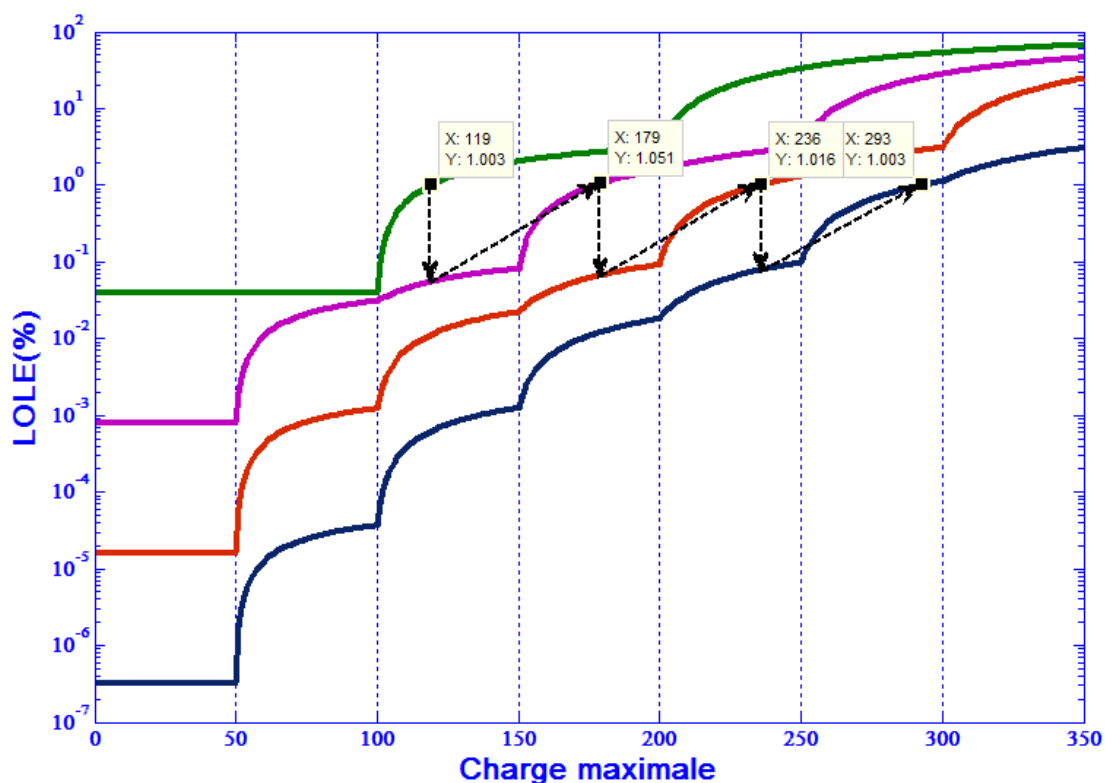


Figure 3.32 : Représentation des variations du PLCC correspondantes à la limite du niveau de risque « LOLE ».

3.5.1-Discussion des résultats :

- La conception d'analyse d'extension de la capacité peut être illustrée à l'aide du système de deux unités de puissance installée égale à 200 MW avec un taux de panne forcé 0.02, en prenant en considération la variation de LOLE et en tiré profit de l'information que donne l'indice du risque (LOLE).
- Si la variation de risque atteint 1% comme un niveau de risque limité « une journée par an », il faut qu'on ajoute des unités de 50 MW pour répondre à la croissance future de la charge 7 % /an.
- Dans chaque configuration il est très remarquable que chaque fois la réserve de la puissance installée est importante, le système devient plus fiable, ce qui est traduit par une diminution de l'indice LOLE, à ce moment là on procède à une augmentation de la

Chapitre 3 : L'indice LOLE et ses applications

puissance installée « faire croître la réserve » comme il est représenté sur le **tableau 3.42**.

- Pour conclure les résultats représentés dans les **tableaux 3.42-43-44** sont bien énumérés graphiquement sur la **figure 3.32**. La figure nous révèle d'une manière graphique les variations de LOLE vis-à-vis de la charge alimentée, et encore plus elle montre la charge correspondante au moment nécessaire pour l'extension de la centrale avec la contrainte limitée de LOLE. En plus il est possible de lire sur la figure en question que le système change de modèle où LOLE est important vers un modèle où LOLE diminue, à cause de l'introduction de l'unité de production.

3.6-Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté l'application de la théorie des probabilités sur différents cas de figures. L'application de la méthode de base « Méthode probabiliste direct » des systèmes de production. L'indice LOLE a été calculé pour différents modèles du système, voire le cas d'une puissance installée fixe et pour trois cent cinquante (350) modèles de charge, ainsi que la variation du taux de panne forcé et son influence sur LOLE, aussi une investigation sur le but du calcul de LOLE sur l'extension de la capacité des centrales électriques « PLCC ». Les résultats de cette application sont représentés sur de différents tableaux et différentes figures et ont été interprétés.



*Conclusion
Générale*

Conclusion générale

Conclusion générale

L'étude présentée dans cette thèse représente une contribution à l'évaluation de la fiabilité du système de production d'énergie électrique (centrale de production).

La théorie reliée au calcul et à l'évaluation de la fiabilité des centrales électriques est introduite dans le 2eme chapitre, a été appliquée dans le 3eme chapitre.

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

- Changement de la configuration de la centrale électrique par la variation du nombre des générateurs ainsi que 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 différentes consommations (charges), pour voir l'influence sur l'indice de fiabilité LOLE.
- La variation du taux de panne est appliquée pour voir l'influence sur l'indice LOLE.
- L'utilisation de l'information que donne LOLE pour l'extension de la centrale électrique (renforcement de la puissance installée), est traduite par un autre indice dit PLCC.

Dans l'analyse présentée dans cette thèse pour les différents cas de figure de l'étude, les conclusions qui peuvent être retirées seront :

- Chaque fois que le nombre des générateurs augmente, le nombre des états possibles du système lui aussi augmente, ce qui donne beaucoup plus de chance pour les états de bon fonctionnement du système d'émerger, ce qui donne une grande marge de manœuvre pour les ingénieurs qui gèrent le système, pour l'amener en bon 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 autres cas il y a plus de chance de ne pas perdre cette quantité de production.
- Le résultat général de cette étude, est que la qualité de service sera élevée à chaque fois que le nombre d'unités opérationnelles dans le système est élevé, bien sur en tenant compte de la contrainte économique.

Conclusion générale

En ce qui concerne l'indice LOLE :

- 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 est important, le nombre élevé des états du système comprend plus de possibilité favorable pour le bon fonctionnement du système d'une part, d'autre part la puissance totale installée est répartie sur plusieurs unités de production (générateur), ce qui diminue la puissance qui peut être hors service par la panne des générateurs.
- Dans chaque configuration il est très remarquable qu'à chaque fois la réserve de la puissance installée est importante, le système devient plus fiable, ce qui est traduit par une diminution du risque LOLE, il peut être dit que du point de vue de la consommation d'électricité que la réserve diminue avec la croissance de la charge.
- On remarque également que lorsque la réserve du système de production est inférieure ou égale à zéro, l'augmentation du nombre des unités de production donne des résultats inverses (augmentation du risque LOLE).
- Les résultats discutés dans les **tableaux** sont bien représentés graphiquement sur des **figures illustratives**. Les figures révèlent d'une manière graphique les variations étudiées et les remarques retirées concernant les convergents des modèles.
- Les **figures** justifient aussi d'une manière claire les divergences de chaque modèle aux points correspondants à la perte des capacités de production (panne des générateurs).
- Cette divergence est causée par les capacités hors service, suite aux pannes possibles dans les modèles, d'une autre manière à chaque fois on perd une unité (une capacité perdue) la puissance installée diminue ce qui est traduit par la diminution de la réserve de puissance de la centrale, cela provoque une brusque divergence du comportement du système (modèle).
- Il peut être remarqué que LOLE soit sensible à la variation de la charge et à la variation du taux de panne forcé.
- Pour la même charge, la diminution de la fiabilité des unités de production se traduit par la diminution de la fiabilité du système de production. Il est très remarquable que chaque fois la réserve de la puissance installée est importante (diminution de la charge max) pour la même constante U (taux de panne forcé) le système devient plus fiable, ce qui se traduit par une diminution de LOLE.
- Les conclusions retirées des tableaux sont bien illustrées sur des figures graphiques, elles montrent l'influence du taux de panne forcé sur LOLE.

Conclusion générale

- Cet effet du taux de panne forcé est dû à sa contribution dans le calcul de la probabilité individuelle qui est proportionnel directement à LOLE.

Concernant l'extension des centrales électriques :

- La conception d'analyse d'extension de la capacité a été illustrée à l'aide d'un système de puissance installée fixe en (MW) avec un taux de panne forcé constant, en prenant en considération la variation de LOLE et en tirant profit de l'information que donne l'indice du risque (LOLE).
- Si la variation de risque atteint LOLE limité qui est désigné par les ingénieurs spécialistes, exemple 1% comme un niveau de risque limité « une journée par an », il faut qu'on ajoute des unités en (MW) pour répondre à la croissance future de la charge 7 % /an.
- Dans chaque configuration il est très remarquable que chaque fois la réserve de la puissance installée est importante, le système devient plus fiable, ce qui se traduit par une diminution de l'indice LOLE, à ce moment là on procède à une augmentation de la puissance installée « faire croître la réserve ».
- Pour conclure les résultats représentés dans des **tableaux** sont bien énumérés graphiquement sur une **figure** qui révèle d'une manière graphique les variations de LOLE vis-à-vis de la charge alimentée, et encore plus elle montre la charge correspondante au moment nécessaire pour l'extension de la centrale avec la contrainte limitée de LOLE.
- En plus il est possible de lire graphiquement que le système change du modèle où LOLE est important vers un modèle où LOLE diminue à cause de l'introduction de l'unité de production.



Bibliographie

Bibliographie

N°	Référence
1	techniques-ingenieur.fr
2	Salhi med el amine Etude sur l'extension des centrales électriques" pour obtenir le diplôme master en réseaux électrique Université de Biskra 2013-2014
3	http://www.connaissancedesenergies.org/
4	http://www.futura-sciences.com/
5	http://www.prepa-cpe.fr/documents/Les_cellules_photovoltaiques.pdf
6	http://www.ecosources.info/dossiers/Centrale_solaire_photovoltaique
7	www.wikipedia.org
8	http://tpeenergiesolaire.e-monsite.com/pages/energie-solaire-thermique.html
9	http://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/eolienne.php4
10	http://www.futura-sciences.com/magazines/environnement/infos/dico/d/energie-renouvelable-eolienne-6946/
11	http://www.mtaterre.fr/dossier-mois/archives/chap/682/Le-fonctionnement-de-l-energie-eolienne
12	http://energiesdemain.e-monsite.com/pages/comparaison-de-ces-solutions-avec-le-nucleaire-et-propositions-de-solutions/avantages-et-inconvenients/avantages-et-inconvenients-de-l-energie-eolienne.html
13	http://developpementdurable-lag.blogspot.com/2010/02/avantages-et-inconvenients-de-lenergie.html
14	http://www.electricite-et-energie.com/lenergie-biomasse-une-energie-renouvelable/
15	http://energie-biomass.e-monsite.com/
16	Bensaci Wafa " Modélisation et simulation d'un système photovoltaïque adapté par une commande MPPT " Projet de fin d'étude En vue d'obtention du Diplôme de Master en Génie électrique en Electrotechnique Industriel. Université d'Ouargla 2012
17	Hakim Aoudjit "Planification de la maintenance d'un parc de turbines alternateurs" thèse présentée pour l'obtention du diplôme de doctorat philosophie doctor (génie industriel) .Université de canada .Avril 2010
18	Sihem Bouri " Optimisation de la production et de la structure d'énergie électrique par les colonies de fourmis" Magister en Électrotechnique Pour l'Obtention du Diplôme de Doctorat En Science Électrotechnique. Université cidi liabes : 2007
19	hleimet riadh Etude des fiabilités des centrales par la méthodes fréquentielle" pour obtenir le diplôme master en réseaux électrique, Université de Biskra 2013.