

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 de  
Master en réseaux électriques**

***Thème***

**Etude sur l'extension des centrales électriques**

**Présenté par :  
SALHI MED EL-AMINE**

**Devant le jury composé de :  
Mr. NAIMI DJEMAI M.C.B Président  
Mr. ROUINA ABDELHAFID M.C.B Encadreur  
Mme. BAHCA HABIBAM.A.A Examineur**

**Année universitaire : 2013 / 2014**

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 de  
Master en réseaux électriques**

***Thème***

**Etude sur l'extension des centrales électriques**

Présenté par :

Avis favorable du l'encadreur :

SALHI MED EL-AMIN Mr. ROUINA ABDELHAFID

Avis favorable du Président du Jury

NAIMI DJEMAI

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*

# Etude sur l'extension des centrales électriques

Proposé et dirigé par : Mr. ROUINA ABDELHAFID.

## Résumé

L'énergie électrique est un élément important et nécessaire pour les différents domaines de la vie. Il existe plusieurs méthodes pour étudier la fiabilité des systèmes électriques. Parmi ces méthodes, celle dite « *l'extension des centrales électriques* » sera développée dans cette thèse afin que les ingénieurs qui étudient ces systèmes, l'utilisent pour déterminer le taux de réussite ainsi que le taux d'échec de ces systèmes électriques.

### Mots-clés

La fiabilité, système de puissance et des durées.

La théorie des probabilités.

Méthode d'extension des centrales électriques.

# Dédicace

*Parce qu'il a des choses plus faciles à écrire qu'à dire, je dédie ce*

*Modeste travail de fin d'étude :*

*A mes symboles d'affection et de tendresse*

*Ma chère maman et mon cher père*

*A mes frères et mes chers sœurs chacun de son nom pour leur soutien moral*

*Et leurs sacrifices au long de ma formation.*

*A ma grande famille*

*A tous qui m'ont encouragé et aidé dans la réalisation de ce projet*

*A tous mes amis chacun de son nom*

*A tous mes collègues de promotion 2014*

*A tous les enseignants de ma période d'étude*

*A tous ceux que j'aime et m'aiment.*

*Amine*



## Remerciements



• Je remercie et louons Dieu qui nous a donné la force, La patience et la volonté tout au long des années de nos études, et nous ont honoré de sa science pour la réalisation de ce travail de recherche.

• Je tiens au terme de ce travail à exprimer notre plus grand remerciement à Monsieur : Rouina abdelhafid a suivi et dirigé notre travail avec patience et beaucoup d'intérêt, nous lui exprimons vivement notre grand respect.

• Mon remerciement s'adresse également aux membres de jury pour avoir accepté de critiquer notre travail, sans oublier les professeurs du département de Génie Electrique pour leurs efforts et leurs sincérités.

• Je tiens remercier Mme Becha Habiba pour ces encouragements et ces conseils durant l'année



Amine



# Résumé

# ملخص

باعتبار الطاقة الكهربائية جزء هام في الحياة وضروري ولا يمكن الاستغناء عنها في شتى مجالات الحياة لذا يعمل المهندسون على وثوقية المنظومة الكهربائية ويستعمل لذلك نظرية الاحتمالات لمعرفة نسبة نجاح وكذا نسبة فشل هذه المنظومات الكهربائية وتوجد عدة طرق لدراسة وثوقية المنظومات ومن بين هذه الطرق المتبعة طريقة "الطرق القاعدية" التي تمت دراستها في هذه المذكرة وتعتبر من أهم الطرق المستخدمة لدراسة وتقييم إنتاج الطاقة الكهربائية وكذا معرفة مسببات العطل في المنظومات الكهربائية.

## الكلمات المفتاحية

وثوقية المنظومة الكهربائية

نظرية الاحتمالات بالتوسيع

# Résumé

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

## Mots-clés

La fiabilité du système électrique

La théorie des probabilités à l'extension

## *Sommaire*

---

<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>Chapitre 1 : Généralité sur les centrales électriques</b>	
1-1. Introduction.....	3
1-2. Définition.....	3
1-3. La production.....	4
1-4. Apple de puissance d'un réseau électrique .....	4
1-5. Mécanisme des incidents sur les systèmes électriques .....	5
1-6. Les centrales classiques .....	6
1-6-1 Les centrales hydro –électrique .....	6
1-6-1-1 Les centralesPrincipe de fonctionnement .....	6
1-6-1-2Les types des turbines.....	6
1-6-2 Les centrales nucléaires.....	7
1.6.3. Les centrales thermiques.....	8
1-7 Les centrales renouvelables.....	9
1-7-1 Les centrales solaire photovoltaïques.....	9
1-7-1-1 Système photovoltaïque avec batterie.....	10
1-7-1-2 Les systèmes photovoltaïques sans batterie.....	11
1-7-1-3 les générateurs photovoltaïques .....	11
1-7-1-3-1 Les cellules solaires et la conversion photovoltaïque.....	11
1-7-1-3-2 Les différents types de cellules solaires.....	11
1-7-2 Les centrales solaires thermiques.....	12
1-7-2-1 Définition.....	12
1-7-2-2 Principe de fonctionnement.....	12
1-7-3 Les centrales éoliennes.....	13
1-7-3-1 Définition.....	13
1-7-3-2 Principe de fonctionnement d'une éolienne.....	13
1-7-4 Les centrales de biomasse.....	14
1-7-4-1 Définition.....	14
1-7-4-2 Procédés de conversion de la biomasse en énergie.....	14
1.8 Conclusion .....	15
<b>Chapitre 2 : Extension des centrales électriques</b>	
2 La fiabilité.....	16
2.1 Introduction .....	16
2.2 Définition de fiabilité des systèmes électrique .....	16
2.3Technique d'évaluation de la fiabilité des capacités .....	17
2.4 Le modèle de système de production .....	18
2.4.1 L'indisponibilité des unités de Production (génératrice) .....	18
2.4.2 Chaîne de MARKOV.....	19
2.5probabilité d'interruption de la Capacité de production .....	19
2.6 Les indices de perte de la charge (Loos of loadindices).....	22
2.6.1 Évaluation des indices d'énergie .....	22
2.6.2 Exemples numériques .....	23
2.7Conclusion.....	27

<b>Chapitre 3 : 3 L'extension des centrales électriques : Application</b>	
3.1 Introduction .....	28
3.2 Système de test .....	28
3.3 Etude de la fiabilité du system teste .....	28
3.4. Application des théories sur de différents cas de figure .....	31
3.4.1. Effet du nombre d'unité de la centrale électrique sur de la probabilité.....	31
3.4.1.1. Premier cas de figure : Central a quatre (04) Générateurs.....	31
3.4.1.2. Deuxième cas de figure : Central à cinq (05) Générateurs.....	32
3.4.1.3. Troisième cas de figure : Central à six (06) Générateurs.....	34
3.4.1.4. Quatrième cas de figure : Central à sept (07) Générateurs.....	36
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 quatre (04) Générateurs .....	42
3.4.2.2. Centrale à cinq (05) Générateurs de puissance 2200(MW)....	48
3.4.2.3. Centrale à cinq (05) Générateurs de puissance 2500(MW)....	54
3.4.2.4. Centrale à six (06) Générateurs de puissance 3000(MW).....	61
3.4.2.5. Centrale à sept (7) Générateurs de puissance 3500(MW).....	68
3.4.2.5. Discussion des résultats.....	77
3.5. Conclusion.....	80
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>81</b>

## *Liste Des Figures*

---

<b>N°</b>	<b>Titre de figure</b>	<b>page</b>
<b>1.1</b>	Fluctuation typiques de l'appel de puissance durant une année	<b>4</b>
<b>1.2</b>	Schéma de la structure générale d'un système de puissance.	<b>5</b>
<b>1.3</b>	schémas de structure de centrale hydroélectrique.	<b>6</b>
<b>1.4</b>	schémas représente de centrale nucléaire.	<b>7</b>
<b>1.5</b>	schéma représente le principe de fonctionnement d'une centrale thermique.	<b>8</b>
<b>1.6</b>	Schémas représente de structure de système de photovoltaïque	<b>10</b>
<b>1.7</b>	Représentation schématique d'une cellule solaire.	<b>11</b>
<b>1.8</b>	Représentation schématique d'une centrale solaire thermique.	<b>12</b>
<b>1.9</b>	Constitution d'une éolienne.	<b>13</b>
<b>1.9</b>	Schémas représente de fonctionne de central biomasse.	<b>14</b>
<b>2.1</b>	Tâche théorique dans l'évaluation de la fiabilité des capacités de produite	<b>17</b>
<b>2.2</b>	le modèle du système électrique de production	<b>18</b>
<b>2.3</b>	modèle à deux états d'une unité de charge de base.	<b>19</b>
<b>2.4</b>	réduction d'énergie en raison des capacités disponible	<b>23</b>
<b>2.5</b>	La courbe de variation de pic quotidienne de charge	<b>25</b>
<b>2.6</b>	Période de temps ou les pannes ce produise	<b>26</b>
<b>3.1</b>	Le modèle de système	<b>28</b>
<b>3.2</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien	<b>31</b>
<b>3.3</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximal 1000 (MW)	<b>42</b>
<b>3.4</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 1200 (MW)	<b>43</b>
<b>3.5</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 1400 MW)	<b>44</b>
<b>3.6</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 1600 MW)	<b>45</b>
<b>3.7</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 1800 MW)	<b>46</b>
<b>3.8</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 2000 MW)	<b>47</b>
<b>3.9</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 1000 MW)	<b>48</b>
<b>3.10</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 1200 MW).	<b>49</b>
<b>3.11</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 1400 MW).	<b>50</b>
<b>3.12</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 1600 MW).	<b>51</b>
<b>3.13</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 1800 MW).	<b>52</b>
<b>3.14</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 2000 MW).	<b>53</b>
<b>3.15</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 1400 (MW).	<b>54</b>

## *Liste Des Figures*

---

<b>3.16</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 1600 (MW)).	<b>55</b>
<b>3.17</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 1800MW).	<b>56</b>
<b>3.18</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 2000MW).	<b>57</b>
<b>3.19</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 2200MW).	<b>58</b>
<b>3.20</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 2400MW).	<b>59</b>
<b>3.21</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 2500MW).	<b>60</b>
<b>3.22</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 2000MW).	<b>61</b>
<b>3.23</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 2200MW).	<b>62</b>
<b>3.24</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 2400MW).	<b>63</b>
<b>3.25</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 2500MW).	<b>64</b>
<b>3.26</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 2600MW).	<b>65</b>
<b>3.27</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 2800MW).	<b>66</b>
<b>3.28</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 3000MW).	<b>67</b>
<b>3.29</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 2400MW).	<b>68</b>
<b>3.30</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 2400MW).	<b>69</b>
<b>3.31</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 2500MW).	<b>70</b>
<b>3.32</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 2600MW).	<b>71</b>
<b>3.33</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 2800MW).	<b>72</b>
<b>3.34</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 3000MW).	<b>73</b>
<b>3.35</b>	Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 3200MW).	<b>74</b>
<b>3.36</b>	variation du risque avec des ajouts d'unités	<b>77</b>

---

## **LISTE DES TABLEAUX**

N°	Titre	Page
<b>Tableau 1.1</b>	temps de réponse des moyens classiques de production	<b>9</b>
<b>Tableau 2.1</b>	Probabilité d'un système à deux Générateurs	<b>20</b>
<b>Tableau 2.2</b>	Interprétation du générateur de 5MW on service	<b>21</b>
<b>Tableau 2.3</b>	Interprétation du générateur de 5MW or service (on panne)	<b>21</b>
<b>Tableau 2.4</b>	Tableau de probabilités pour le système des trois Unités	<b>22</b>
<b>Tableau 2.5</b>	Probabilité d'un système composé de cinq générateurs.	<b>24</b>
<b>Tableau 2.6</b>	Tableau de probabilités pour le système composé d'un quatre unités	<b>25</b>
<b>Tableau 2.7</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles	<b>27</b>
<b>Tableau 3.1</b>	différente charges maximales de la centrale électrique.	<b>30</b>
<b>Tableau 3.2</b>	Probabilité individuel du système a 4 générateurs	<b>32</b>
<b>Tableau 3.3</b>	Probabilité individuel du système a 5 générateurs	<b>33</b>
<b>Tableau 3.4</b>	Probabilité individuel du système a 6 générateurs	<b>34</b>
<b>Tableau 3.5</b>	Probabilité individuel du système a 6 générateurs	<b>35</b>
<b>Tableau 3.6</b>	Probabilité individuel du système a 7 générateurs	<b>36</b>
<b>Tableau 3.7</b>	Probabilité individuel du système a 7 générateurs	<b>37</b>
<b>Tableau 3.8</b>	Probabilité individuel du système a 7 générateurs	<b>38</b>
<b>Tableau 3.9</b>	Probabilité individuel du système a 7 générateurs	<b>39</b>
<b>Tableau 3.10</b>	probabilité résumé du système de 4 générateurs	<b>40</b>
<b>Tableau 3.11</b>	probabilité résumé du système de 5 générateurs	<b>40</b>
<b>Tableau 3.12</b>	probabilité résumé du système de 5 générateurs	<b>40</b>
<b>Tableau 3.13</b>	probabilité résumé du système de 6 générateurs	<b>41</b>
<b>Tableau 3.14</b>	probabilité résumé du système de 7 générateurs	<b>41</b>
<b>Tableau 3.15</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 1 <sup>ères</sup> cas	<b>43</b>
<b>Tableau 3.16</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 2 <sup>ème</sup> cas	<b>44</b>
<b>Tableau 3.17</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 3 <sup>ème</sup> cas	<b>45</b>
<b>Tableau 3.18</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 4 <sup>ème</sup> cas	<b>46</b>
<b>Tableau 3.19</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 5 <sup>ème</sup> cas	<b>47</b>
<b>Tableau 3.20</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 6 <sup>ème</sup> cas	<b>48</b>
<b>Tableau 3.21</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 1 <sup>er</sup> cas	<b>49</b>
<b>Tableau 3.22</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 2 <sup>ème</sup> cas	<b>50</b>
<b>Tableau 3.23</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 3 <sup>ème</sup> cas	<b>51</b>
<b>Tableau 3.24</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 4 <sup>ème</sup> cas	<b>52</b>
<b>Tableau 3.25</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 5 <sup>ème</sup> cas	<b>53</b>
<b>Tableau 3.26</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 6 <sup>ème</sup> cas	<b>54</b>
<b>Tableau 3.27</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 1 <sup>er</sup> cas	<b>55</b>
<b>Tableau 3.28</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 2 <sup>ème</sup> cas	<b>56</b>
<b>Tableau 3.29</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 3 <sup>ème</sup> cas	<b>57</b>
<b>Tableau 3.30</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 4 <sup>ème</sup> cas	<b>58</b>
<b>Tableau 3.31</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 5 <sup>ème</sup> cas	<b>59</b>
<b>Tableau 3.32</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 6 <sup>ème</sup> cas	<b>60</b>
<b>Tableau 3.33</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 7 <sup>ème</sup> cas	<b>61</b>
<b>Tableau 3.34</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 1 <sup>er</sup> cas	<b>62</b>
<b>Tableau 3.35</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 2 <sup>ème</sup> cas	<b>63</b>
<b>Tableau 3.36</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 3 <sup>ème</sup> cas	<b>64</b>

## **LISTE DES TABLEAUX**

<b>Tableau 3.37</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 4 <sup>ème</sup> cas	<b>65</b>
<b>Tableau 3.38</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 5 <sup>ème</sup> cas	<b>66</b>
<b>Tableau 3.39</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 6 <sup>ème</sup> cas	<b>67</b>
<b>Tableau 3.40</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 7 <sup>ème</sup> cas	<b>68</b>
<b>Tableau 3.41</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 1 <sup>er</sup> cas	<b>69</b>
<b>Tableau 3.42</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 2 <sup>ème</sup> cas	<b>70</b>
<b>Tableau 3.43</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 3 <sup>ème</sup> cas	<b>71</b>
<b>Tableau 3.44</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 4 <sup>ème</sup> cas	<b>72</b>
<b>Tableau 3.45</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 5 <sup>ème</sup> cas	<b>73</b>
<b>Tableau 3.46</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 6 <sup>ème</sup> cas	<b>74</b>
<b>Tableau 3.47</b>	LOLE en utilisant les probabilités individuelles 7 <sup>ème</sup> cas	<b>75</b>
<b>Tableau 3.48</b>	La variation du risque au niveau de l'addition successive des unités de 500 MW	<b>76</b>
<b>Tableau 3.49</b>	La charge de pointe annuelle pour chacune des huit prochaines années	<b>77</b>
<b>Tableau 3.50</b>	expansion de la production des résultats	<b>78</b>

## *Liste Des Abbreviation*

---

---

---

### **Titre de symbole**

LOLE: loss of load indices de perte de la charge (indices d'energies)

G: Générateur

A: Probabilité disponibilité

U: Probabilité indisponibilité

$\lambda$  : Taux de panne

$\mu$  : Taux de reparation

0 (panne) : générateur ou ligné on service.

1 (panne) : générateur ou ligné on panne

P L J : probabilité de panne.

Pin : probabilité individuelle.

PP : probabilité de panne.

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

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

$E_K$  : Énergie réduite par une panne.

---

# *Introduction générale*

# *Introduction générale*

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

La perte du service électrique a des impacts significatifs sur la vie économique et sociale.

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

Le but de base de chaque production d'énergie électrique est de répondre à l'exigence de demande d'énergie au plus bas possible coût tout en maintenant les niveaux acceptables de la qualité et la continuité de l'approvisionnement. La capacité d'une centrale d'énergie électrique de fournir un approvisionnement raisonnable en énergie électrique est habituellement indiquée par le terme de la (fiabilité des systèmes électrique). La fiabilité peut être définie, d'une façon générale, comme, probabilité d'un dispositif exécutant une fonction prévue au cours de la période prévue dans les conditions de fonctionnement. Le concept de la fiabilité de puissance-système est extrêmement large et couvre tous les aspects de la capacité du système de répondre aux exigences des clients. L'évaluation de la fiabilité de système électrique, déterministe que, et probabiliste que, peut être divisée en deux aspects de base : l'adéquation et la sécurité l'adéquation

(l'équilibre) est reliée à l'existence des équipements et de puissance électrique dans le système pour satisfaire la demande des charges de consommateur. L'adéquation des systèmes inclut les équipements nécessaires pour la production de l'énergie suffisante et des équipements associés de transmission et de distribution exigés pour transporter l'énergie aux points de charge du consommateur.

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

Dans le premier chapitre ont abordé une généralité sur les centrales électrique et leurs fonctionnements.

Le deuxième chapitre on a expliqué la théorie utilisée on détaille. Le troisième chapitre de l'étude représente l'application de la théorie sur un système de production.

# CHAPITRE 1

## **Généralité sur les centrales électriques**

## 1.1 Introduction

L'énergie électrique est un facteur essentiel de développement et de l'évolution des sociétés humaines, que cela soit sur le plan de l'amélioration des conditions de vie ou sur le plan du développement des activités industrielles. Le système de puissance qui est à la base de cette énergie fonctionne dans un environnement en évolution continue : charges, puissance de génération, topologie du réseau. L'augmentation de la dépendance électrique de la société moderne implique des systèmes de puissance exploitables à cent pour cent de leur capacité avec une sûreté maximale.

Un réseau électrique doit aussi assurer de l'ensemble production - transport - consommation, mettant en œuvre des réglages ayant pour but d'assurer la stabilité de l'ensemble.

Si une centrale tombe en panne, ou si l'on doit la débrancher pour y faire de l'entretien, sa clientèle peut être alimentée temporairement par les autres centrales. Lorsque les réseaux sont reliés, on peut répartir la charge entre les centrales afin que le coût de fonctionnement soit minimal. [2]

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 exige des techniques et des investissements très importants pour la faire aboutir jusqu'à l'utilisateur. Cela exige l'installation de divers réseaux qui doivent assurer la canalisation de cette énergie depuis la centrale jusqu'au plus simple utilisateur.

Les postes constituent les nœuds du réseau; les lignes en forment les branches ; ces branches constituent soit des artères est des antennes (ou dérivation) ; soit des mailles (ou boucles).[3]

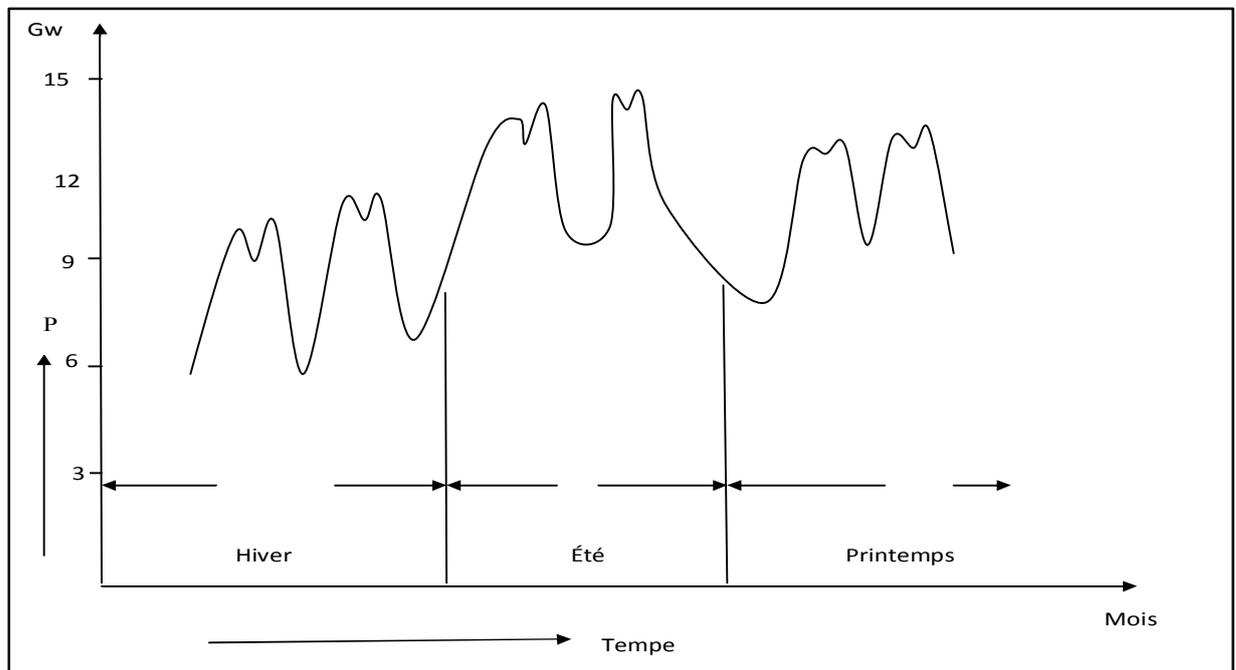
### 1.3 La production

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

### 1.4 L'appelle 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.

**Figure 1.1** : Fluctuation typiques de l'appel de puissance durant une année



## 1.5 Mécanisme des incidents sur le système électrique [4]

La figure 1.2 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.

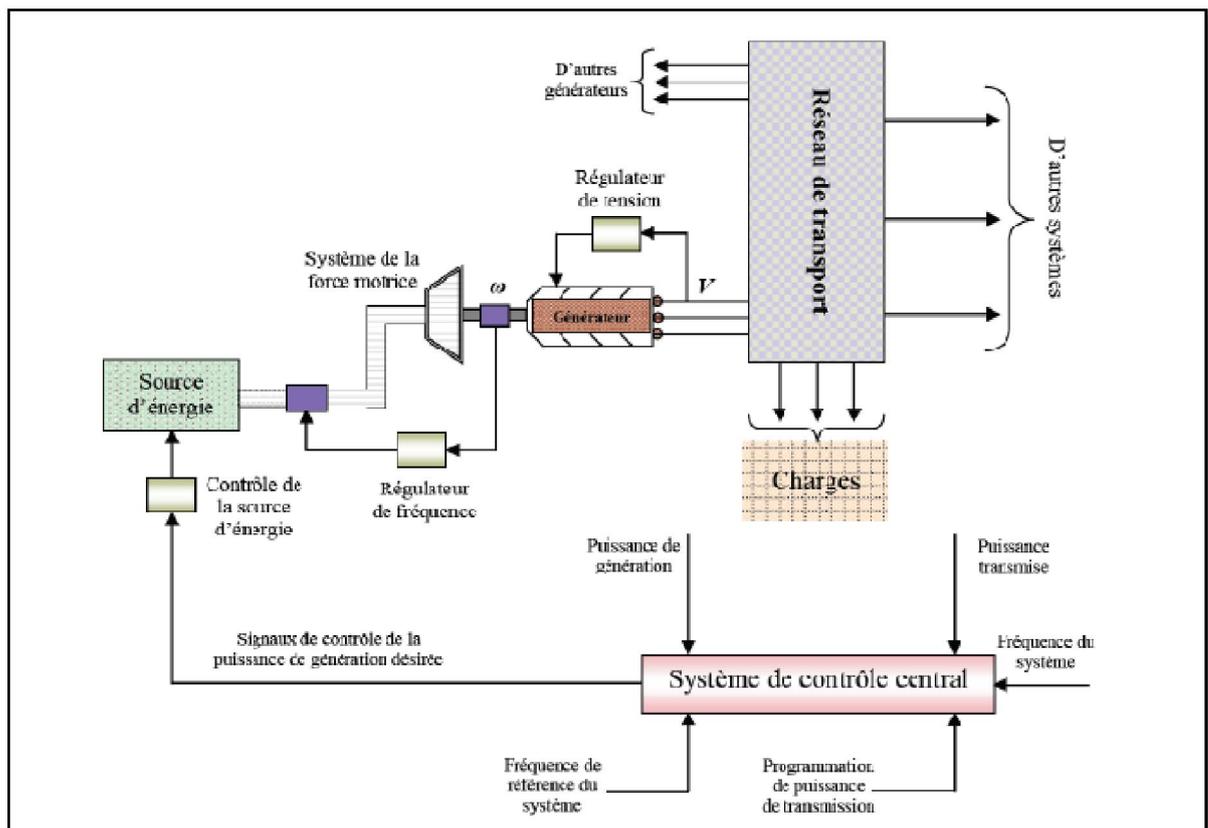


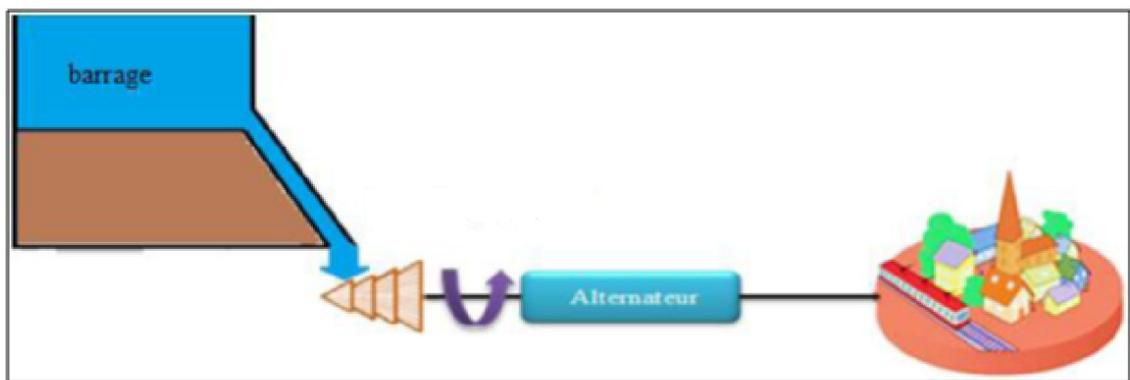
Figure 1.2 : Schéma de la structure générale d'un système de puissance.

## 1.6 Les centrales classiques

### 1.6.1 Les centrales hydro-électrique

#### 1.6.1.1 Principe de fonctionnement

L'eau de pluie et de fonte des neiges, retenue derrière un barrage, est acheminée par une conduite forcée jusqu'à des turbines hydrauliques qui entraînent des alternateurs : conversion mécanique – électrique. Puissances de quelques centaines de MW à plusieurs G.



**Figure 1.3** : Schémas de structure de centrale hydroélectrique.

#### 1.6.1.2 Les types de turbines

Il existe trois grands types de turbines. Le choix du type de turbine le plus adapté est fait par le calcul de la vitesse spécifique notée  $ns$ .

- Les centrales de haute chute : hauteur > 300m
- Les centrales de moyenne chute :  $30m < \text{hauteur} < 300m$
- Les centrales de basse chute : hauteur < 30m. [5]

#### Caractéristiques

- Combustible : l'eau
- Emplacement : près d'une ressource d'eau
- Capacité : de quelque KW jus que des centaines de MW.

Rendement : global est de l'ordre 75% à 90% [5].

### 1.6.2 Les centrales nucléaires

Les turbines sont actionnées par de la vapeur surchauffée. Cette chaleur de vaporisation est produite par un réacteur nucléaire dont le combustible est l'uranium  $U^{235}$  ou du plutonium.

Ce phénomène est provoqué par la division du noyau d'un atome, procédé qu'on appelle fission nucléaire.

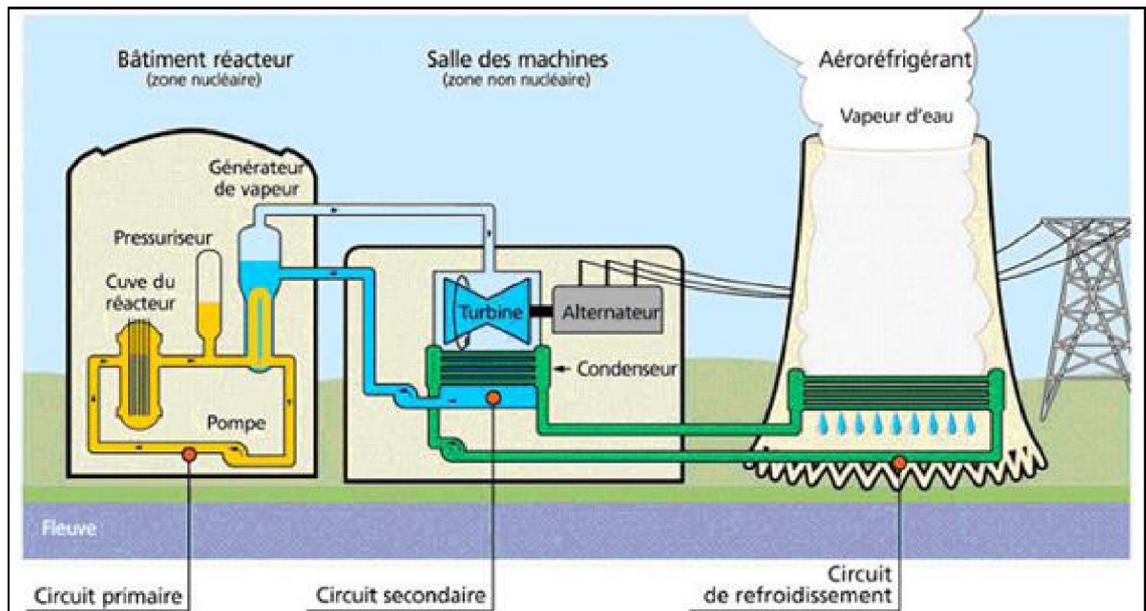


Figure 1.4 Schémas représente de centrale nucléaire.

#### Avantage

- Pas d'émission de gaz à effet de serre
- Puissance dégagée

#### Inconvénients

- Production de déchets radioactifs.
- Matière première en quantité limitée.

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.

La puissance électrique d'un réacteur nucléaire de centrale thermique est comprise entre quelque MW et 1500 MW [5]

### Caractéristiques

- Combustible : uranium.
- Emplacement : près d'un lac ou d'une rivière.
- Capacité : de quelque MW à plus de 1.5 GW.
- Rendement : global est de l'ordre 30% à 40%. [5]

### 1.6.3 Les centrales thermique

Dans les centrales thermiques la production de l'énergie électrique sera à partir des quantités de la chaleur qu'est se produit par la combustion du combustible dans le brûleur.

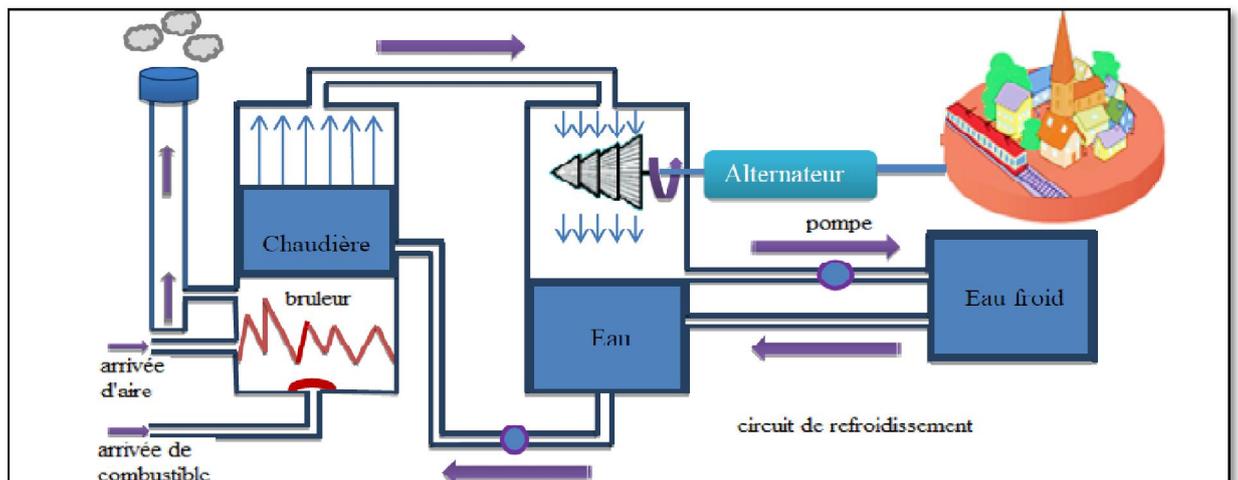


Figure 1.5: Schéma représente le principe de fonctionnement d'une centrale thermique.

### Caractéristiques

- Combustible : charbon, du mazout ou de gaz naturel.
- 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%. [5]

### Partie technique de l'exploitation

Dans l'utilisation des moyens de production il y'a une caractéristique très importante c'est la constante de temps de la mise en action de ce moyen (temps de réponse) dans l'utilisation des moyens de production, et qui limité par les caractéristiques des turbines de chaque centrale de production, est appelée « contrainte de rampe » ce temps nécessaire pour fournir la puissance demandé à partir de l'arrêt.

Nucléaire	Charbon	Gaz	Fioul	Hydraulique
4 heures	1 heure	30 minutes	1 heure	1 minute

**Tableau 1.1** : Temps de réponse des moyens classiques de production [5].

## 1.7 Les centrales renouvelables

### 1.7.1 Les centrales solaire photovoltaïque

Dans les cellules photovoltaïques, une partie des électrons ne revient pas à son état initial. Les électrons "arrachés" créent une tension électrique continue faible. Une partie de l'énergie cinétique des photons est ainsi directement transformée en énergie électrique: c'est l'effet photovoltaïque [6].

L'effet photovoltaïque constitue la conversion directe de l'énergie du rayonnement solaire en énergie électrique au moyen de cellules généralement à base de silicium. Pour obtenir une puissance suffisante, les cellules sont reliées entre elles et constituent le module solaire. [6].

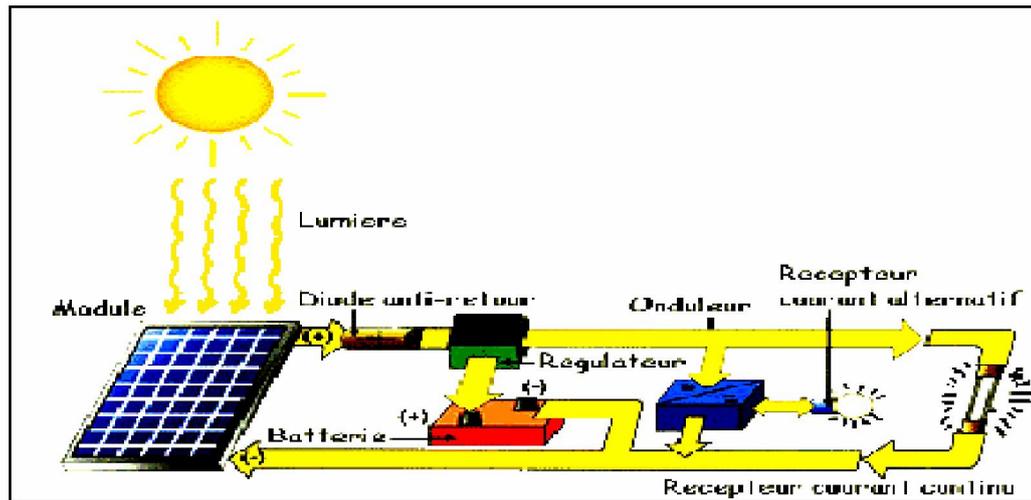


Figure 1.6: Schémas représente de structure de système de photovoltaïque

### 1.7.1.1 Système photovoltaïque avec batterie

#### Principe de fonctionnement

Un système photovoltaïque avec batterie peut être comparé à une charge alimentée par une batterie qui est chargée par un générateur photovoltaïque.

Il comprend généralement les composants de base suivants :

- le champ de modules PV charge la batterie en période d'ensoleillement
- la batterie alimente la charge et assure un stockage de l'énergie électrique
- la diode anti-retour évite la décharge de la batterie à travers les modules P-V en période d'obscurité.
- le régulateur de charge protège la batterie contre la surcharge de l'énergie.

### 1.7.1.2 Les systèmes photovoltaïques sans batterie

#### Principe de fonctionnement

Les systèmes photovoltaïques sans batterie servent habituellement à alimenter une charge unique, comme une pompe ou un ventilateur, à laquelle convient mieux une autre forme de stockage d'énergie que l'électricité (par exemple : réservoir d'eau surélevé) ou encore qui a besoin d'énergie pendant le jour seulement (par exemple : ventilateurs).

### 1.7.1.3 les générateurs photovoltaïques

#### 1.7.1.3.1 Les cellules solaires et la conversion photovoltaïque : [7], [8]

Un système photovoltaïque avec batterie peut être comparé à une charge alimentée par une batterie qui est chargée par un générateur photovoltaïque.

Il comprend généralement les composants de base suivants :

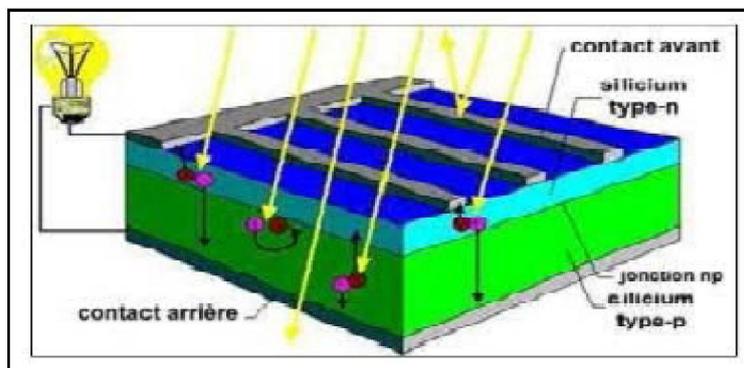


Figure1.7 : Représentation schématique d'une cellule solaire.

#### 1.7.1.3.2 Les différents types de cellules solaires

Il existe trois principaux types de cellules à l'heure actuelle :

- **Les cellules monocristallines [7]**

Ce sont celles qui ont le meilleur rendement (12-16%), mais aussi celle qui ont le coût le plus élevé, du fait d'une fabrication compliquée.

- Usage : tous usages en extérieur de forte et moyenne puissance (télécoms, balisage, relais, habitat...).

- **Les cellules poly cristallines [7]**

Les cellules du précédent (composés de multi cristaux), il est un peu moins performant, essentiellement aux éclairagements modérés, et également moins onéreux.

- **Les cellules amorphes [7]**

Ce silicium en couche très mince répond par contre à tous les éclairagements, extérieur et intérieur.

Rendement électrique des panneaux : 5-7 % (jusqu'à 9 % pour les multi jonctions).

## 1.7.2 Les centrales solaire thermique

### 1.7.2.1 Définition

L'énergie solaire thermique est la transformation du rayonnement solaire en énergie thermique, cette transformation peut être soit utilisée directement (pour chauffer un bâtiment par exemple) ou indirectement (comme la production de vapeur d'eau pour entraîner des alternateurs et ainsi obtenir une énergie électrique).

Deux principes fondamentaux sont appliqués et éventuellement parfois combinés :

- capter l'énergie de la lumière visible grâce à un corps noir.
- concentrer le rayonnement solaire en point.[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.

A l'intérieur du capteur se trouve un matériau absorbant (l'absorbeur), dans lequel circule un fluide caloporteur ou fluide thermique.

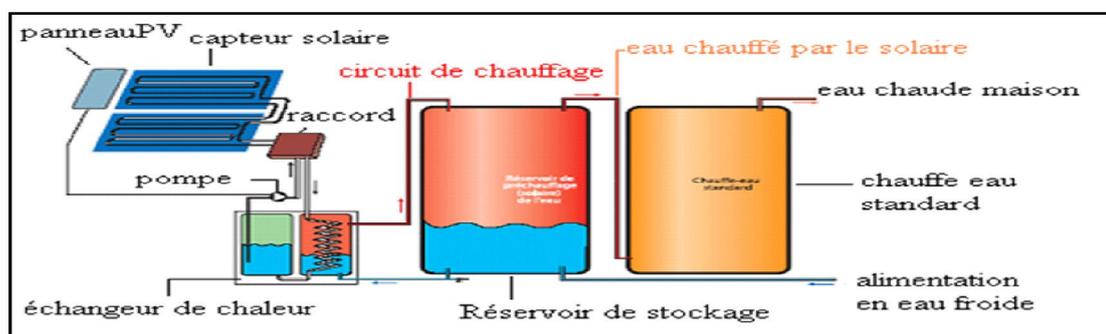


Figure 1.8: Représentation schématique d'une centrale solaire thermique.

### 1.7.3 Les centrales éoliennes

#### 1.7.3.1 Définition [8]

Environ un à deux pour cent de l'énergie émise par le soleil est converti en énergie éolienne.

La technologie éolienne génère de l'électricité à partir d'un élément naturel inépuisable, le vent qui entraîne un mouvement de rotation des pales. Le Principe de fonctionnement permet de transformer cette énergie mécanique en énergie électrique.

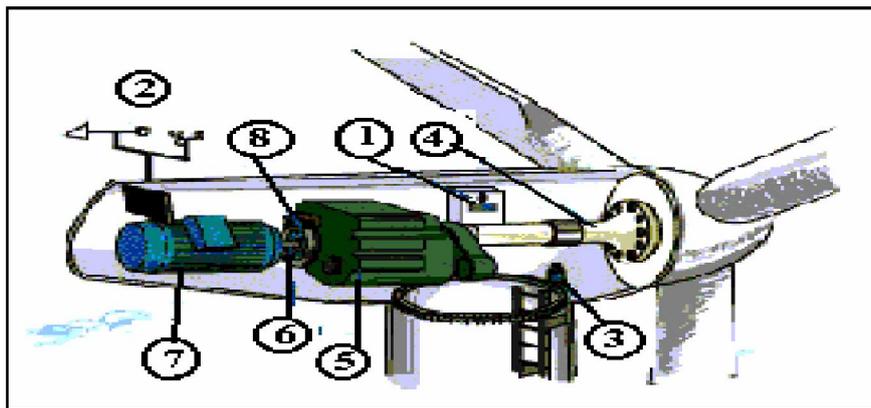


Figure 1.9 Constitution d'une éolienne.

#### 1.7.3.2 Principe de fonctionnement d'une éolienne [8]

Les éoliennes permettent de transformer l'énergie mécanique du vent en énergie électrique.

La très large majorité des éoliennes installées dans le monde sont des machines à axe horizontal (1, 2 ou 3 pales verticales), car leur rendement est supérieur à celui des autres types d'éoliennes.

1 : automate

6: arbre rapide

2 : anémomètre, girouette

7: génératrice

3 : moteur d'orientation

8: frein à disque

4 : arbre lent

5: multiplicateur

Lorsque le vent devient suffisant (3 à 5 m/s), l'automate (1) de la figure 1.9, renseigné par l'anémomètre et la girouette (2) fixés au sommet de la nacelle, commande au moteur d'orientation (3) de placer l'éolienne face au vent. Le vent entraîne les pales qui font tourner un arbre lent (4). Le multiplicateur (5) augmente la vitesse de rotation et imprime cette accélération à l'arbre rapide (6). Celui-ci transmet le mouvement rotatif au générateur (7) qui produit de l'énergie électrique.

### 1.7.4 Les centrales de biomasse

#### 1.7.4.1 Définition

L'énergie issue de la biomasse est une source d'énergie renouvelable dépend du cycle de la matière vivante végétale et animale. Cette énergie permet de fabriquer de l'électricité grâce à la chaleur dégagée par la combustion de ces matières (bois, végétaux, déchets agricoles, ordures ménagères organiques) ou du biogaz issu de la fermentation de ces matières, dans des centrales biomasses.[8]

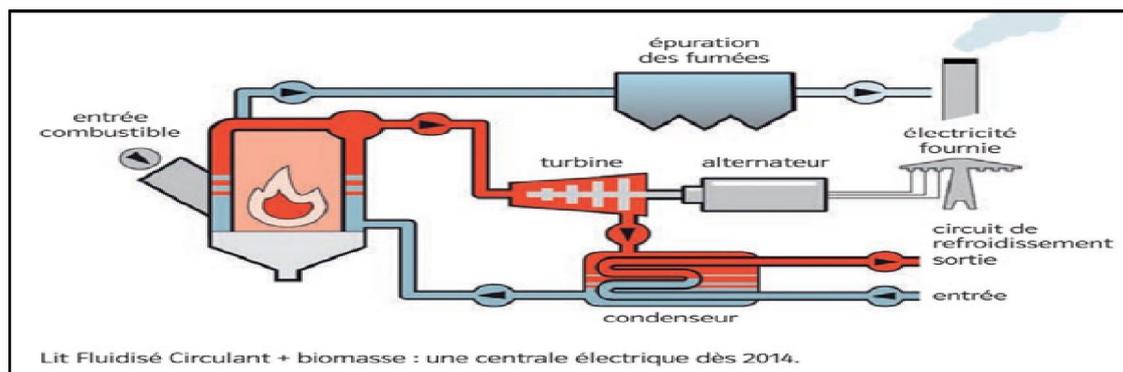


Figure 1.10 Schémas représente de fonctionne de central biomasse.

#### 1.7.4.2 Procédés de conversion de la biomasse en énergie

La voie utilisée pour la production de l'énergie est la voie sèche utilisant de la biomasse solide.

Elle est principalement constituée par la filière thermochimique, qui regroupe les technologies de la combustion, de la gazéification et de la pyrolyse. [8]

### 1.8 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons exposé la structure générale d'une centrale électrique, et principe de fonctionnement de chacune ainsi que le type de combustion se précise le type de puissance soit amdiataire, pointe, .basse ce lui donne le temps de réponse de production d'énergie électrique.

Les centrales renouvelables photovoltaïques, éoliennes sont présenter l'énergie propres par rapport les centrales classiques sont consommées les énergie naturelles, les rayonnements solaire et vitesse de vent mouvement de la mer ,..ect.

# CHAPITRE 2

**L'extension des centrales  
électriques : Théorie**

## Chapitre 2 : Extension des centrales électriques : Théorie et calcul

---

### 2. La fiabilité :

#### 2.1 Introduction :

Depuis quelques années, l'évaluation de la fiabilité des réseaux électriques prend de l'importance chez les ingénieurs et spécialistes. Un nombre considérable d'articles décrivant les différentes techniques disponibles de modélisation des réseaux pour le calcul des indices de fiabilité sont publiés [6]. 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 [9].

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. [10]

La demande statique et la capacité installée planifiée et 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. [11]

#### 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 de fournir un approvisionnement raisonnable en énergie électrique est habituellement indiquée par le terme.

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

## Chapitre 2 : Extension des centrales électriques : Théorie et calcul

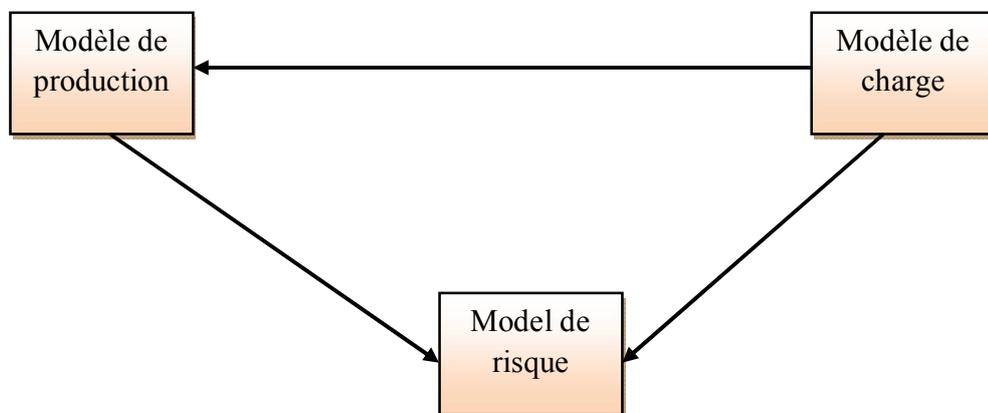
---

fonctionnement prévue. Le concept de la fiabilité de puissance-système est extrêmement large et couvre tous les aspects de la capacité du système de répondre aux exigences des clients.

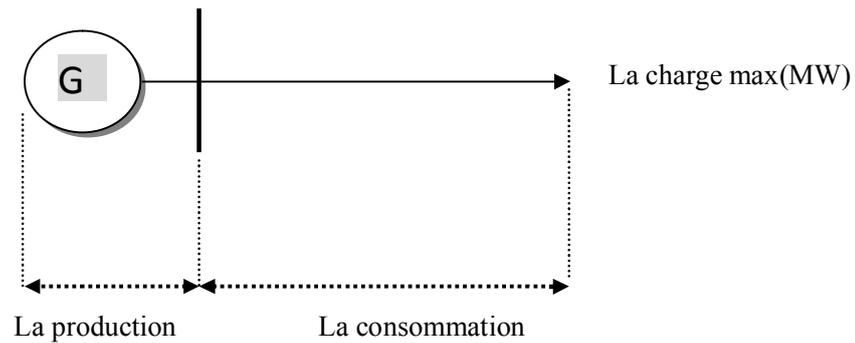
### 2.3-Technique d'évaluation de la fiabilité des capacités :

Dans cette étude on évalue la probabilité de la perte de charge. L'approche de base pour l'évaluation d'une certaine configuration adéquate à la demande d'énergie électrique et fondamentalement pour toutes les techniques, elle contient les trois voles comme représenté à la figure 2.2.[1]

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



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



**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 statique est la probabilité de trouver l'unité sur arrêt forcé à un moment éloigné dans le temps.

Cette probabilité a été définie dans les systèmes d'ingénierie comme l'indisponibilité d'unité, et historiquement dans les applications du système de production d'énergie électrique, il est connu sous le nom du taux de panne forcée de l'unité (FOR) ; C'est le rapport de deux valeurs de temps.

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

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

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

Le modèle de production nécessaire dans l'approche de la perte de la charge (loss of load approche) 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

## Chapitre 2 : Extension des centrales électriques : Théorie et calcul

---

unités sont ajoutés de manière séquentielle pour produire le modèle final. Ces concepts peuvent être illustrés par un l'exemple numérique simple suivant.

Un système se compose de deux unités de 3 MW chacune avec un taux d'arrêt forcé des unités égales à 0,02. Les deux unités identiques peuvent être combinées pour donner le tableau de la probabilité de la panne de la capacité montré sur le tableau 2.1.

**Tableau 2.1** : Probabilité d'un système à deux  
Générateurs

Capacité hors service	Probabilité
0 MW	$0.98 * 0.98 = 0.964$
3 MW	$0.98 * 0.02 = 0.0392$
6 MW	$0.02 * 0.02 = 0.0004$

L'unité de production de 3 MW peut être ajoutée à ce tableau en considérant qu'il ne peut exister que dans deux états. Il peut être mis en service avec la probabilité  $1 - 0,02 = 0,98$  ou il peut être hors service, avec une probabilité 0,02. Les deux tableaux qui en résultent (tableaux 2.2 et 2.3). Cette approche peut être étendue à un nombre quelconque des états des unités de production.

Les deux tableaux peuvent être combinés comme représenté sur le tableau 2.4 la valeur de la probabilité dans le tableau est la probabilité exacte de la quantité de la capacité indiquée de mise hors service. Une colonne supplémentaire peut être ajoutée, qui donne la probabilité cumulative. Il s'agit de la probabilité de trouver une quantité de capacité en panne égale ou supérieure à la valeur indiquée. Les valeurs de probabilité cumulatives diminuer à mesure que les pannes des capacités augmente. Bien que ce n'est pas tout à fait vrai avec les probabilités individuelles. Par exemple, dans le tableau ci-dessus la probabilité de perdre 8 MW est plus élevée que la probabilité de perdre 6 MW. Dans un système pratique la probabilité d'avoir une grande quantité de la capacité hors service forcée est généralement assez faible, car cette condition exige l'arrêt de plusieurs unités. Théoriquement, la table de la probabilité de coupure de la capacité intègre toutes les capacités possibles du système.[1]

## Chapitre 2 : Extension des centrales électriques : Théorie et calcul

---

**Tableau 2.2**Interprétation du générateur de 5MW (on service)

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

**Tableau 2.3**Interprétation générateur de 5MW or service (on panne)

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

Le tableau peut être tronquée en omettant toutes les pannes de capacité pour lesquelles la probabilité cumulée est 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 peuvent être additionnées chaque fois une unité est ajoutée, ou calculées directement en tant que valeurs cumulées pendant le processus de la troncature et donc ne nécessite pas d'erreur dans le calcul des résultats.

Dans un système pratique contenant un grand nombre d'unités de capacités différentes, le tableau contiendra plusieurs centaines de possibilités de niveaux discrets d'indisponibilité des capacités.

## Chapitre 2 : Extension des centrales électriques : Théorie et calcul

---

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 (3 MW ,3MW, 5MW)

Capacité or service	probabilité	Cumul de probabilité
0	0.941192	1.000000
3	0.038416	0.058808
5	0.019208	0.020392
6	0.000392	0.001184
8	0.000008	0.000792
11	1.000000	0.000008

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

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

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

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

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

## Chapitre 2 : Extension des centrales électriques : Théorie et calcul

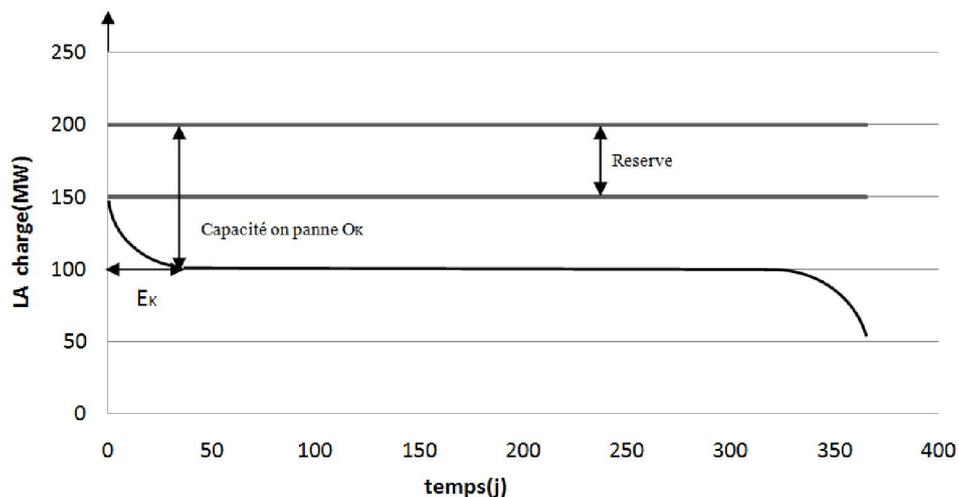
Le rapport est généralement un chiffre extrêmement faible inférieur à l'unité et peut être définie comme «l'index de fiabilité du manque d'énergie». Il est plus habituel, toutefois, de soustraire cette quantité à partir de l'unité et donc obtenir le rapport probable entre l'énergie de charge qui sera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

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

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

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

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



**Figure 2.4** : réduction d'énergie en raison des capacités disponible

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

$$LOLE = \sum_{k=1}^n E_k P_k \quad \text{Eq 2.3}$$

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

## Chapitre 2 : Extension des centrales électriques : Théorie et calcul

---

$$LOLE_{p.u} = \sum_{k=1}^n E_K P_K / E_K \text{ Eq 2.4}$$

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.

### 2.6.2 Exemples numériques :

Application des équations (2.3) et (2.4) peut être illustrés par un exemple numérique simple.

Soit un système est contient des 4 unités de production pour la puissance installée 2000 (MW) se distribuée de 500 MW de chacune unité avec un taux de panne forcée de 0,02, telle que la charge maximale 1000 MW. Le tableau de probabilités de panne des capacités du ce système est montrée dans le tableau 2.5.

**Tableau 2.5 :** Probabilité d'un système composé de quatre générateurs.

c. en panne (MW)	c. en service (MW)	probabilité
0	2000	$0.98^4 = 0.92236816$
500	1500	$0.98^3 * 0.02 = 0.07529536$
1000	1000	$0.98^2 * 0.02^2 = 0.00230496$
1500	500	$0.02^3 * 0.98 = 0.00003136$
2000	0	0.00000016
		Totale = 1

Le tableau peut être tronquée en omettant toutes les pannes de capacité pour lesquelles la probabilité cumulée est inférieure à un montant spécifié (Exemple :  $10^{-8}$ ). 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 peuvent être additionnés chaque fois une unité est ajoutée, ou calculées directement en tant que valeurs cumulées pendant le processus de la troncature et donc ne nécessite pas d'erreur dans le calcul des résultats.

Dans un système pratique contenant un grand nombre d'unités de capacités différentes, le tableau contiendra plusieurs centaines de possibilités de niveaux discrets d'indisponibilité des

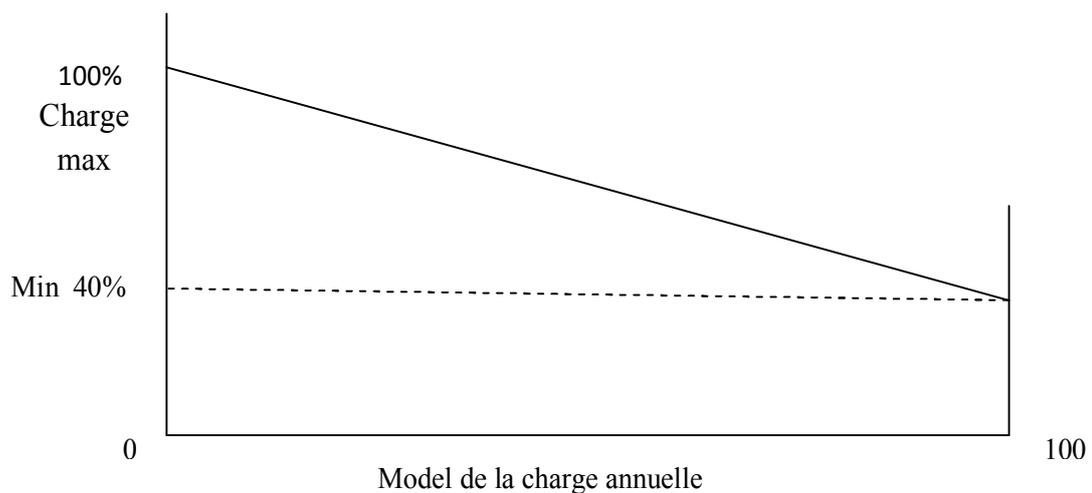
## Chapitre 2 : Extension des centrales électriques : Théorie et calcul

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 [1].

**Tableau 2.6 :** Tableau de probabilités pour le système composé d'un quatre unités du 500 (MW)

Capacité de production on panne (MW)	Probabilité	le cumul de probabilité
0	0.92236816	1
500	0.07529536	0.07763184
1000	0.00230496	0.00233648
1500	0.00003136	0.00003152
2000	0.00000016	0.00000016

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 Fig.



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

## Chapitre 2 : Extension des centrales électriques : Théorie et calcul

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

La période d'étude dans ce cas est supposée être une année et donc de 100% sur l'abscisse correspond à 365 jours. Dans de nombreuses études, les week-ends et les jours fériés sont négligés car leur contribution à LOLE est négligeable. Le laps de temps du modèle de génération est alors environ 260 jours. La charge demandée maximale pour ce système est de 1000 MW, ce qui correspond à la condition 100% en ordonnée. Les indices peuvent être trouvés en utilisant soit les probabilités individuelles d'indisponibilité des capacités ou en utilisant les valeurs cumulées. Les deux méthodes sont illustrées dans cet exemple. Le tableau 2.6 indique le calcul à l'aide de l'équation (2.2). Le temps des périodes  $t_k$ . Sont présentés dans la Figure 2.6

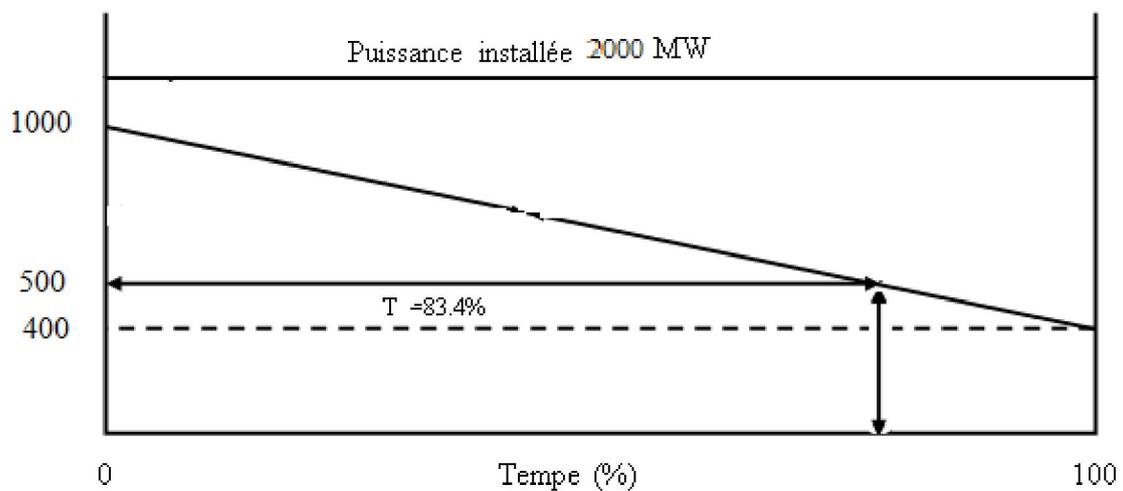


Figure 2.6 : Périodes de temps où les panes se produisent

## Chapitre 2 : Extension des centrales électriques : Théorie et calcul

---

**Tableau 2.7 :** LOLE en utilisant les probabilités individuelles

Capacité de centrale en panne(MW)	Capacité de central en service(MW)	Probabilité individuel	Total temps (%)	LOLE
0	2000	0.92236816	0	-
500	1500	0.07529536	0	-
1000	1000	0.0230496	0	-
1500	500	0.00003136	83.5	0.00261856
2000	0	0.00000016	100	0.000016
				0.002634

L'indice LOLE total du system est 0.002634 % en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 0.0096 jours.

Concernant l'extension des centrales électriques elle est effectuée par comparaisons de LOLE de chaque capacité de production ajoutée étalée sur un nombre d'années au futur.

L'analyse de l'extension des centrales voire aussi l'extension du

system électriques tout entier est bien introduite par un exemple (application) numérique dans le troisième chapitre.

### **2.7 Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons exposé l'importance la théorie des probabilités et théorie des l'extension lors de l'étude d'un système électrique (système de production). Puis nous avons présenté Le modèle desystème de production et l'indisponibilité des unités de Production (génératrice) et les tableaux des probabilités d'interruption de la capacité de production. En suite nous avons étudiées indices de perte de charge et quelque exemple numérique. L'analyse de l'extension des centrales électriques sera faite dans le chapitre si après.

# CHAPITRE 3

**L'extension des centrales  
électriques : Application**

# Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

---

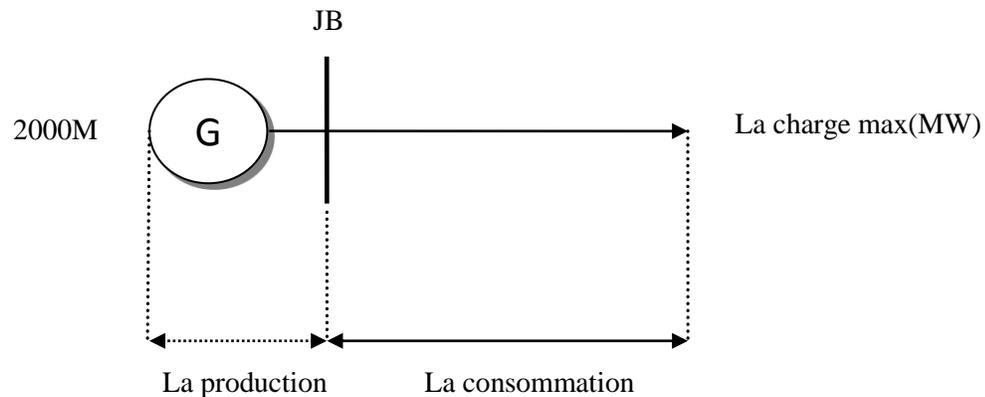
## 3.1-Introduction

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

## 3.2-Système de test

Le système électrique utilisé comme exemple pour le calcul de la fiabilité procède une puissance installée de production de 2000 MW pour alimenter la charge globale du réseau.

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



**Figure 3.1** : Le modèle de système

## 3.3 Etude de la fiabilité du system test :

Le système électrique du teste utilisé dispose d'un seul jeu de bar en connectant le système de production a la charge.

Concernant notre étude pour la centrale de 2000 (MW) au niveau de certains générateurs chaque fois on obtient les puissances installées des 2200 (MW) puis 2500(MW) et

## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

---

3000(MW) et en fin de 3500(MW), par rapport à leurs différentes charges maximales en fonction du temps (%), ou (l'indice de fiabilité).

Nous avons qu'une unité de puissance de 2000 (MW) c'est à dire quatre générateurs d'unité de 500(MW), étudions ça au niveau des charges maximales (1000(MW) ,1200(MW) ,1400(MW)).en formant un tableau de probabilités du  $2^n$ , tel que n est le nombre des générateurs de 2000(MW), en utilisant le système binaire 0-1 à extraire le nombre des cas possibles pour le cas service et le cas panne par apport à différentes unités de production qui forment le système électrique. Tout ça pour déterminer la charge maximale pour laquelle la centrale ne sera pas capable de continuer son fonctionnement. ou d'autres façons: dans quelles années les unités doivent être mises en service dans le but d'atteindre un niveau de risque accepté pour le système ?

Dans ce cas on étudie la fiabilité par la méthode d'extension des centrales. On a la centrale de puissance installée 2000(MW), nous injectons cette dernière par unité de 500(MW) pour éviter les valeurs du risque causés par la variation des charges ou la puissance demandée (consommateurs), ainsi qu'augmenter la durée de vie du fonctionnement de la centrale pour que la centrale électrique soit fiable.

Suivons l'évaluation du système 2500(MW) pour les valeurs des charges maximales suivantes (1600-1800-2000-2500) (MW), et faisons les probabilités nécessaires à l'extraction des indices des unités pour les charges précédentes. Et ainsi de suite avec les puissances installées.

Le type des générateurs ainsi que la centrale électrique (classique ou renouvelable) ne sont pas importants dans notre étude ; comme représenté dans le tableau 3.1. Cette étude permet de voir l'influence du nombre de générateurs sur la fiabilité de la production.

## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

---

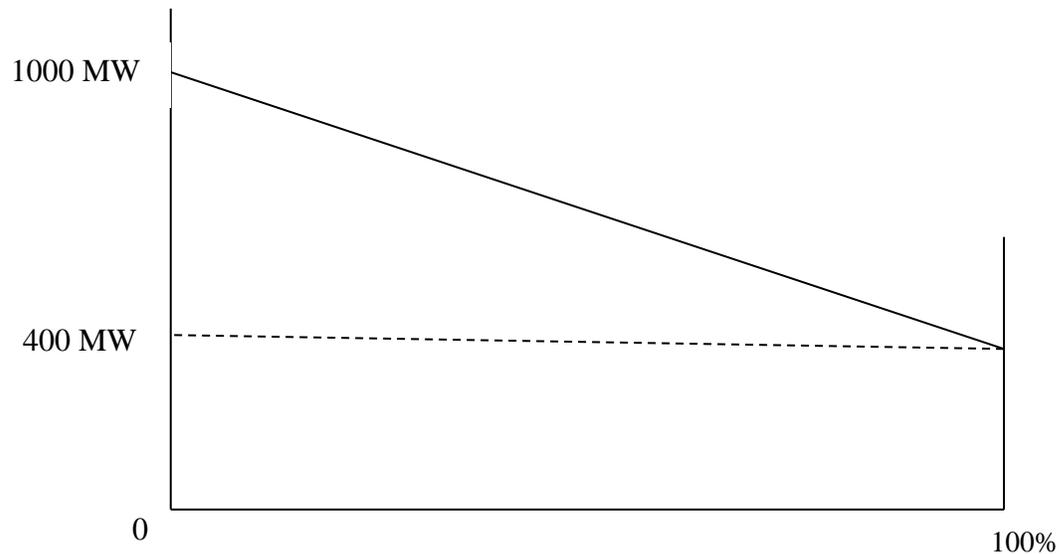
**Tableau 3.1** : différentes charges maximales de la centrale électrique.

La centrale électrique	La puissance installée (MW)	La charge maximale (MW)					
		1000	1200	1400	1600	1800	2000
N°1 : 4 générateurs	2000 (MW)	1000	1200	1400	1600	1800	2000
N°2 : 5 générateurs	2200 (MW)	1000	1200	1400	1600	1800	2000
N°3 : 5 générateurs	2500(MW)	1400	1600	1800	2000	2200	2500
N°4 : 6 générateurs	3000(MW)	2000	2200	2400	2600	2800	3000
N°5: 7 générateurs	3500(MW)	2400	2500	2600	2800	3000	3200

On suit l'évaluation du système pour 2500(MW) avec variation des charges maximales sont (1600-1800-2000-2500) (MW), et faire les probabilités nécessaires à l'extraire des indices des unités pour les charges ont été rappelées. Et même manière par apport les restes puissances installées.

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

- On calcule la probabilité possible par système de chaque état, cela et affecter pour les différentes configurations de la centrale.
- Chaque configuration de la centrale électrique, et analysé avec de différents niveaux de charge maximale de consommations pour voir l'influence sur l'indice de la fiabilité LOLE.
- Le calcul de la probabilité pour chaque cas, donne aux ingénieurs l'information de la production de l'événement (état), la méthode sur l'extension donne plus d'information pour l'ingénieur concernant l'aspect répétitive d'un certain état de panne.



**Figure 3.2 :** Courbe de variation du pic de la charge quotidien  
(Charge max 1000 MW-min 400MW).

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

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

Dans cette section de la thèse le calcul de la probabilité est effectué pour les différentes sorties possible du système déjà appelé états du système pour :

0 état de (service) ;

1 état de (panne).

#### 3.4.1. Premier cas de figure : Central a quatre (04) Générateurs:

On considère une central électrique de puissance installée de 2000MW former de quatre générateurs de puissance 500MW chacun. Par application des théories introduite au chapitre précédent, l'analyse et le calcule de la probabilité est représenté sur le tableau correspondant.

## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

Le nombre des états  $2^n$  pour un système de quatre unités (quatre générateurs) est de 16 états ( $2^4=16$ ).

**Tableau 3.2 : Probabilité individuel du système a 4 générateurs**

l'état				Cas en panne (MW)	Cas en service (MW)	Probabilité
G1	G2	G3	G4			
0	0	0	0	0	2000	$0.98^4 = 0.92236816$
0	0	0	1	500	1500	$0.98^3 * 0.02 = 0.018823$
0	0	1	0	500	1500	$0.98^3 * 0.02 = 0.018823$
0	0	1	1	1000	1000	$0.98^2 * 0.02^2 = 0.000384$
0	1	0	0	500	1500	$0.98^3 * 0.02 = 0.018823$
0	1	0	1	1000	1000	$0.98^2 * 0.02^2 = 0.000384$
0	1	1	0	1000	1000	$0.98^2 * 0.02^2 = 0.000384$
0	1	1	1	1500	500	$0.02^3 * 0.98 = 0.0000078$
1	0	0	0	500	1500	$0.98^3 * 0.02 = 0.018823$
1	0	0	1	1000	1000	$0.98^2 * 0.02^2 = 0.000384$
1	0	1	0	1000	1000	$0.98^2 * 0.02^2 = 0.000384$
1	0	1	1	1500	500	$0.02^3 * 0.98 = 0.0000078$
1	1	0	0	1000	1000	$0.98^2 * 0.02^2 = 0.000384$
1	1	0	1	1500	500	$0.02^3 * 0.98 = 0.0000078$
1	1	1	0	1500	500	$0.02^3 * 0.98 = 0.0000078$
1	1	1	1	2000	0	$0.02^4 = 0.0000016$

### 3.4.1.2. Deuxième cas de figure : Central à cinq (05) Générateurs.

On injecte une unité (générateur) de 500 MW pour la centrale 2000 (MW) pour obtenir la centrale nouvelle de puissance 2500 (MW) se représente de cinq générateurs, et appliqué les probabilités pour avoir les combinaisons de leur unités, l'analyse et le calcul de la probabilité est représenté sur le tableau correspondant.

## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.3 :** Probabilité individuel du système a 5 générateurs.

l'état					Cas en service (MW)	Cas en panne (MW)	Probabilité
G1	G2	G3	G4	G5			
0	0	0	0	0	0	2500	$0.98^5 = 0.903920$
0	0	0	0	1	500	2000	$0.98^4 * 0.02 = 0.018447363$
0	0	0	1	0	500	2000	$0.98^4 * 0.02 = 0.018447363$
0	0	0	1	1	1000	1500	$0.98^3 * 0.02^2 = 0.000376476$
0	0	1	0	0	500	2000	$0.98^4 * 0.02 = 0.018447363$
0	0	1	0	1	1000	1500	$0.98^3 * 0.02^2 = 0.000376476$
0	0	1	1	0	1000	1500	$0.98^3 * 0.02^2 = 0.000376476$
0	0	1	1	1	1500	1000	$0.98^2 * 0.02^3 = 0.000007683$
0	1	0	0	0	500	2000	$0.98^4 * 0.02 = 0.018447363$
0	1	0	0	1	1000	1500	$0.98^3 * 0.02^2 = 0.000376476$
0	1	0	1	0	1000	1500	$0.98^3 * 0.02^2 = 0.000376476$
0	1	0	1	1	1500	1000	$0.98^2 * 0.02^3 = 0.000007683$
0	1	1	0	0	1000	1500	$0.98^3 * 0.02^2 = 0.000376476$
0	1	1	0	1	1500	1000	$0.98^2 * 0.02^2 = 0.000007683$
0	1	1	1	0	1500	1000	$0.98^2 * 0.02^3 = 0.000007683$
0	1	1	1	1	2000	500	$0.02^4 * 0.98 = 0.000000156$
1	0	0	0	0	500	2000	$0.98^4 * 0.02 = 0.018447363$
1	0	0	0	1	1000	1500	$0.98^3 * 0.02^2 = 0.000376476$
1	0	0	1	0	1000	1500	$0.98^3 * 0.02^2 = 0.000376476$
1	0	0	1	1	1500	1000	$0.98^2 * 0.02^3 = 0.000007683$
1	0	1	0	0	1000	1500	$0.98^3 * 0.02^2 = 0.000376476$
1	0	1	0	1	1500	1000	$0.98^2 * 0.02^3 = 0.000007683$
1	0	1	1	0	1500	1000	$0.98^2 * 0.02^3 = 0.000007683$
1	0	1	1	1	2000	500	$0.02^4 * 0.98 = 0.000000156$
1	1	0	0	0	1000	1500	$0.98^3 * 0.02^2 = 0.000376476$
1	1	0	0	1	1500	1000	$0.98^2 * 0.02^3 = 0.000007683$
1	1	0	1	0	1500	1000	$0.98^2 * 0.02^3 = 0.000007683$
1	1	0	1	1	2000	500	$0.02^4 * 0.98 = 0.000000156$
1	1	1	0	0	1500	1000	$0.98^2 * 0.02^3 = 0.000007683$
1	1	1	0	1	2000	500	$0.02^4 * 0.98 = 0.000000156$
1	1	1	1	0	2000	500	$0.02^4 * 0.98 = 0.000000156$
1	1	1	1	1	2500	0	$0.02^5 = 0.000000003$

## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

### 3.4.1.3. Troisième cas de figure : Central à six (06) Générateurs.

On injecte une unité (générateur) pour la centrale 2500 (MW) pour obtenir la 3000 (MW) puissance de 500 (MW), à l'extraire la 3000(MW) par ( $2^6= 64$ ) et chaque fois nous appliquons la théorie précédente.

**Tableau 3.4:** Probabilité individuel du système à 6 générateurs

l'état						Cas en service (MW)	Cas en panne (MW)	Probabilité
G1	G2	G3	G4	G5	G6			
0	0	0	0	0	0	3000	0	$0.98^6 = 0.88584238$
0	0	0	0	0	1	2500	500	$0.98^5 * 0.02 = 0.018078415$
0	0	0	0	1	0	2500	500	$0.98^5 * 0.02 = 0.018078415$
0	0	0	0	1	1	2000	1000	$0.98^4 * 0.02^2 = 0.000368947$
0	0	0	1	0	0	2500	500	$0.98^5 * 0.02 = 0.018078415$
0	0	0	1	0	1	2000	1000	$0.98^4 * 0.02^2 = 0.000368947$
0	0	0	1	1	0	2000	1000	$0.98^4 * 0.02^2 = 0.000368947$
0	0	0	1	1	1	1500	1500	$0.98^3 * 0.02^3 = 0.000007529$
0	0	1	0	0	0	2500	500	$0.98^5 * 0.02 = 0.018078415$
0	0	1	0	0	1	2000	1000	$0.98^4 * 0.02^2 = 0.000368947$
0	0	1	0	1	0	2000	1000	$0.98^4 * 0.02^2 = 0.000368947$
0	0	1	0	1	1	1500	1500	$0.98^3 * 0.02^3 = 0.000007529$
0	0	1	1	0	0	2000	1000	$0.98^4 * 0.02^2 = 0.000368947$
0	0	1	1	0	1	1500	1500	$0.98^3 * 0.02^3 = 0.000007529$
0	0	1	1	1	0	1500	1500	$0.98^3 * 0.02^3 = 0.000007529$
0	0	1	1	1	1	1000	2000	$0.98^2 * 0.02^4 = 0.000000153$
0	1	0	0	0	0	2500	500	$0.98^5 * 0.02 = 0.018078415$
0	1	0	0	0	1	2000	1000	$0.98^4 * 0.02^2 = 0.000368947$
0	1	0	0	1	0	2000	1000	$0.98^4 * 0.02^2 = 0.000368947$
0	1	0	0	1	1	1500	1500	$0.98^3 * 0.02^3 = 0.000007529$
0	1	0	1	0	0	2000	1000	$0.98^4 * 0.02^2 = 0.000368947$
0	1	0	1	0	1	1500	1500	$0.98^3 * 0.02^3 = 0.000007529$
0	1	0	1	1	0	1500	1500	$0.98^3 * 0.02^3 = 0.000007529$
0	1	0	1	1	1	1000	2000	$0.98^2 * 0.02^4 = 0.000000153$
0	1	1	0	0	0	2000	1000	$0.98^4 * 0.02^2 = 0.000368947$
0	1	1	0	0	1	1500	1500	$0.98^3 * 0.02^3 = 0.000007529$
0	1	1	0	1	0	1500	1500	$0.98^3 * 0.02^3 = 0.000007529$
0	1	1	0	1	1	1000	2000	$0.98^2 * 0.02^4 = 0.000000153$
0	1	1	1	0	0	1500	1500	$0.98^3 * 0.02^3 = 0.000007529$
0	1	1	1	0	1	1000	2000	$0.98^2 * 0.02^4 = 0.000000153$
0	1	1	1	1	0	1000	2000	$0.98^2 * 0.02^4 = 0.000000153$
0	1	1	1	1	1	500	2500	$0.98 * 0.02^5 = 0.000000003$

## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.5:** Probabilité individuel du système a6 générateurs

L'état						Cas en service (MW)	Cas en panne (MW)	Probabilité
G1	G2	G3	G4	G5	G6			
1	0	0	0	0	0	2500	500	$0.98^5 * 0.02 = 0.018078415$
1	0	0	0	0	1	2000	1000	$0.98^4 * 0.02^2 = 0.000368947$
1	0	0	0	1	0	2000	1000	$0.98^4 * 0.02^2 = 0.000368947$
1	0	0	0	1	1	1500	1500	$0.98^3 * 0.02^3 = 0.000007529$
1	0	0	1	0	0	2000	1000	$0.98^4 * 0.02^2 = 0.000368947$
1	0	0	1	0	1	1500	1500	$0.98^3 * 0.02^3 = 0.000007529$
1	0	0	1	1	0	1500	1500	$0.98^3 * 0.02^3 = 0.000007529$
1	0	0	1	1	1	1000	2000	$0.98^2 * 0.02^4 = 0.000000153$
1	0	1	0	0	0	2000	1000	$0.98^4 * 0.02^2 = 0.000368947$
1	0	1	0	0	1	1500	1500	$0.98^3 * 0.02^3 = 0.000007529$
1	0	1	0	1	0	1500	1500	$0.98^3 * 0.02^3 = 0.000007529$
1	0	1	0	1	1	1000	2000	$0.98^2 * 0.02^4 = 0.000000153$
1	0	1	1	0	0	1500	1500	$0.98^3 * 0.02^3 = 0.000007529$
1	0	1	1	0	1	1000	2000	$0.98^2 * 0.02^4 = 0.000000153$
1	0	1	1	1	0	1000	2000	$0.98^2 * 0.02^4 = 0.000000153$
1	0	1	1	1	1	500	2500	$0.98 * 0.02^5 = 0.000000003$
1	1	0	0	0	0	2000	1000	$0.98^4 * 0.02^2 = 0.000368947$
1	1	0	0	0	1	1500	1500	$0.98^3 * 0.02^3 = 0.000007529$
1	1	0	0	1	0	1500	1500	$0.98^3 * 0.02^3 = 0.000007529$
1	1	0	0	1	1	1000	2000	$0.98^2 * 0.02^4 = 0.000000153$
1	1	0	1	0	0	1500	1500	$0.98^3 * 0.02^3 = 0.000007529$
1	1	0	1	0	1	1000	2000	$0.98^2 * 0.02^4 = 0.000000153$
1	1	0	1	1	0	1000	2000	$0.98^2 * 0.02^4 = 0.000000153$
1	1	0	1	1	1	500	2500	$0.98 * 0.02^5 = 0.000000003$
1	1	1	0	0	0	1500	1500	$0.98^3 * 0.02^3 = 0.000007529$
1	1	1	0	0	1	1000	2000	$0.98^2 * 0.02^4 = 0.000000153$
1	1	1	0	1	0	1000	2000	$0.98^2 * 0.02^4 = 0.000000153$
1	1	1	0	1	1	500	2500	$0.98 * 0.02^5 = 0.000000003$
1	1	1	1	0	0	1000	2000	$0.98^2 * 0.02^4 = 0.00000015$
1	1	1	1	0	1	500	2500	$0.98 * 0.02^5 = 0.000000003$
1	1	1	1	1	0	500	2500	$0.98 * 0.02^5 = 0.000000003$
1	1	1	1	1	1	0	3000	$0.02^6 = 6.4 \times 10^{-11}$

## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

### 3.4.1.4. Quatrième cas de figure : Central à sept (07) Générateurs :

Tableau 3.6: Probabilité individuel du système a7 générateurs									
L'état							Cas en service (MW)	Cas en panne (MW)	Probabilité
G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7			
0	0	0	0	0	0	0	3500	0	$0.98^7 = 0.868125533$
0	0	0	0	0	0	1	3000	500	$0.98^6 * 0.02 = 0.017716847$
0	0	0	0	0	1	0	3000	500	$0.98^6 * 0.02 = 0.017716847$
0	0	0	0	0	1	1	2500	1000	$0.98^5 * 0.02^2 = 0.000361568$
0	0	0	0	1	0	0	3000	500	$0.98^6 * 0.02 = 0.017716847$
0	0	0	0	1	0	1	2500	1000	$0.98^5 * 0.02^2 = 0.000361568$
0	0	0	0	1	1	0	2500	1000	$0.98^5 * 0.02^2 = 0.000361568$
0	0	0	0	1	1	1	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
0	0	0	1	0	0	0	3000	500	$0.98^6 * 0.02 = 0.017716847$
0	0	0	1	0	0	1	2500	1000	$0.98^5 * 0.02^2 = 0.000361568$
0	0	0	1	0	1	0	2500	1000	$0.98^5 * 0.02^2 = 0.000361568$
0	0	0	1	0	1	1	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
0	0	0	1	1	0	0	2500	1000	$0.98^5 * 0.02^2 = 0.000361568$
0	0	0	1	1	0	1	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
0	0	0	1	1	1	0	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
0	0	0	1	1	1	1	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
0	0	1	0	0	0	0	3000	500	$0.98^6 * 0.02 = 0.017716847$
0	0	1	0	0	0	1	2500	1000	$0.98^5 * 0.02^2 = 0.000361568$
0	0	1	0	0	1	0	2500	1000	$0.98^5 * 0.02^2 = 0.000361568$
0	0	1	0	0	1	1	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
0	0	1	0	1	0	0	2500	1000	$0.98^5 * 0.02^2 = 0.000361568$
0	0	1	0	1	0	1	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
0	0	1	0	1	1	0	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
0	0	1	0	1	1	1	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
0	0	1	1	0	0	0	2500	1000	$0.98^5 * 0.02^2 = 0.000361568$
0	0	1	1	0	0	1	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
0	0	1	1	0	1	0	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
0	0	1	1	0	1	1	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
0	0	1	1	1	0	0	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
0	0	1	1	1	0	1	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
0	0	1	1	1	1	0	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
0	0	1	1	1	1	1	1000	2500	$0.98^2 * 0.02^5 = 0.000000002$

## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.7:** Probabilité individuel du système a7 générateurs.

L'état							Cas en service (MW)	Cas en panne (MW)	Probabilité
0	1	0	0	0	0	0	3000	500	$0.98^6 * 0.02 = 0.017716847$
0	1	0	0	0	0	1	2500	1000	$0.98^5 * 0.02^2 = 0.000361568$
0	1	0	0	0	1	0	2500	1000	$0.98^5 * 0.02^2 = 0.000361568$
0	1	0	0	0	1	1	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
0	1	0	0	1	0	0	2500	1000	$0.98^5 * 0.02^2 = 0.000361568$
0	1	0	0	1	0	1	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
0	1	0	0	1	1	0	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
0	1	0	0	1	1	1	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
0	1	0	1	0	0	0	2500	1000	$0.98^5 * 0.02^2 = 0.000361568$
0	1	0	1	0	0	1	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
0	1	0	1	0	1	0	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
0	1	0	1	0	1	1	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
0	1	0	1	1	0	0	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
0	1	0	1	1	0	1	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
0	1	0	1	1	1	0	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
0	1	0	1	1	1	1	1000	2500	$0.98^2 * 0.02^5 = 0.000000002$
0	1	1	0	0	0	0	2500	1000	$0.98^5 * 0.02^2 = 0.000361568$
0	1	1	0	0	0	1	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
0	1	1	0	0	1	0	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
0	1	1	0	0	1	1	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
0	1	1	0	1	0	0	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
0	1	1	0	1	0	1	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
0	1	1	0	1	1	0	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
0	1	1	0	1	1	1	1000	2500	$0.98^2 * 0.02^5 = 0.000000002$
0	1	1	1	0	0	0	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
0	1	1	1	0	0	1	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
0	1	1	1	0	1	0	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
0	1	1	1	0	1	1	1000	2500	$0.98^2 * 0.02^5 = 0.000000002$
0	1	1	1	1	0	0	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
0	1	1	1	1	0	1	1000	2500	$0.98^2 * 0.02^5 = 0.000000002$
0	1	1	1	1	1	0	1000	2500	$0.98^2 * 0.02^5 = 0.000000002$
0	1	1	1	1	1	1	500	3000	$6.272 * 10^{-11}$

## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.8:** Probabilité individuel du système a7 générateurs.

L'état							Cas en service (MW)	Cas en panne (MW)	Probabilité
1	0	0	0	0	0	0	3000	500	$0.98^6 * 0.02 = 0.017716847$
1	0	0	0	0	0	1	2500	1000	$0.98^5 * 0.02^2 = 0.000361568$
1	0	0	0	0	1	0	2500	1000	$0.98^5 * 0.02^2 = 0.000361568$
1	0	0	0	0	1	1	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
1	0	0	0	1	0	0	2500	1000	$0.98^5 * 0.02^2 = 0.000361568$
1	0	0	0	1	0	1	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
1	0	0	0	1	1	0	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.00000015$
1	0	0	0	1	1	1	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
1	0	0	1	0	0	0	2500	1000	$0.98^5 * 0.02^2 = 0.000361568$
1	0	0	1	0	0	1	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
1	0	0	1	0	1	0	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
1	0	0	1	0	1	1	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
1	0	0	1	1	0	0	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
1	0	0	1	1	0	1	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
1	0	0	1	1	1	0	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
1	0	0	1	1	1	1	1000	2500	$0.98^2 * 0.02^5 = 0.000000002$
1	0	1	0	0	0	0	2500	1000	$0.98^5 * 0.02^2 = 0.000361568$
1	0	1	0	0	0	1	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
1	0	1	0	0	1	0	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
1	0	1	0	0	1	1	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
1	0	1	0	1	0	0	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
1	0	1	0	1	0	1	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
1	0	1	0	1	1	0	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
1	0	1	0	1	1	1	1000	2500	$0.98^2 * 0.02^5 = 0.000000002$
1	0	1	1	0	0	0	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
1	0	1	1	0	0	1	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
1	0	1	1	0	1	0	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
1	0	1	1	0	1	1	1000	2500	$0.98^2 * 0.02^5 = 0.000000002$
1	0	1	1	1	0	0	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
1	0	1	1	1	0	1	1000	2500	$0.98^2 * 0.02^5 = 0.000000002$
1	0	1	1	1	1	0	1000	2500	$0.98^2 * 0.02^5 = 0.000000002$
1	0	1	1	1	1	1	500	3000	$6.272 * 10^{-11}$

## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.9:** Probabilité individuel du système a7 générateurs.

L'état							Cas en service (MW)	Cas en panne (MW)	Probabilité
1	1	0	0	0	0	0	2500	1000	$0.98^5 * 0.02^2 = 0.000361568$
1	1	0	0	0	0	1	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
1	1	0	0	0	1	0	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
1	1	0	0	0	1	1	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
1	1	0	0	1	0	0	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
1	1	0	0	1	0	1	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
1	1	0	0	1	1	0	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
1	1	0	0	1	1	1	1000	2500	$0.98^2 * 0.02^5 = 0.000000002$
1	1	0	1	0	0	0	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
1	1	0	1	0	0	1	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
1	1	0	1	0	1	0	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
1	1	0	1	0	1	1	1000	2500	$0.98^2 * 0.02^5 = 0.000000002$
1	1	0	1	1	0	0	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
1	1	0	1	1	0	1	1000	2500	$0.98^2 * 0.02^5 = 0.000000002$
1	1	0	1	1	1	0	1000	2500	$0.98^2 * 0.02^5 = 0.000000002$
1	1	0	1	1	1	1	500	3000	$6.272 * 10^{-11}$
1	1	1	0	0	0	0	2000	1500	$0.98^4 * 0.02^3 = 0.000007378$
1	1	1	0	0	0	1	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
1	1	1	0	0	1	0	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
1	1	1	0	0	1	1	1000	2500	$0.98^2 * 0.02^5 = 0.000000002$
1	1	1	0	1	0	0	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
1	1	1	0	1	0	1	1000	2500	$0.98^2 * 0.02^5 = 0.000000002$
1	1	1	0	1	1	0	1000	2500	$0.98^2 * 0.02^5 = 0.000000002$
1	1	1	0	1	1	1	500	3000	$6.272 * 10^{-11}$
1	1	1	1	0	0	0	1500	2000	$0.98^3 * 0.02^4 = 0.00000015$
1	1	1	1	0	0	1	1000	2500	$0.98^2 * 0.02^5 = 0.000000002$
1	1	1	1	0	1	0	1000	2500	$0.98^2 * 0.02^5 = 0.000000002$
1	1	1	1	0	1	1	500	3000	$6.272 * 10^{-11}$
1	1	1	1	1	0	0	1000	2000	$0.98^2 * 0.02^5 = 0.000000002$
1	1	1	1	1	0	1	500	3000	$6.272 * 10^{-11}$
1	1	1	1	1	1	0	500	3000	$6.272 * 10^{-11}$
1	1	1	1	1	1	1	0	3500	$0.02^7 = 1.28 * 10^{-12}$

**Tableau 3.10 :** probabilité résumé du système de 4 générateurs

<b>Cas en panne (MW)</b>	<b>Probabilité</b>
0	0.92236816
500	0.075292
1000	0.002304
1500	0.000028
2000	0.00000016

**Tableau 3.11 :** probabilité résumé du système de 5 générateurs

<b>Cas en panne (MW)</b>	<b>Probabilité</b>
2200	0.903920
1800	0.092236815
1300	0.0037476
1200	0.0007683
200	0.00000078
0	0.000000003

**Tableau 3.12 :** probabilité résumé du système de 5générateurs

<b>Cas en panne (MW)</b>	<b>Probabilité</b>
0	0.903920
500	0..092236815
1000	0..00376476
1500	0.00007683
2000	0.00000078
2500	0.000000003

**Tableau 3.13** : probabilité résumé du système de 6 générateurs

Cas en panne (MW)	Probabilité
0	0.88584238
500	0.10847049
1000	0.005534205
1500	0.00015058
2000	0.000002295
2500	0.000000018
3000	$6.4 * 10^{-11}$

**Tableau 3.14** : probabilité résumé du système de 7 générateurs

Cas en panne (MW)	probabilité
0	0.868125533
500	0.124017929
1000	0.007592928
1500	0.00025823
2000	0.00000525
2500	0.000000042
3000	$4.3904 * 10^{-10}$
3500	$1.28 * 10^{-12}$

### 3.4.1.5. Discussion des résultats :

- Chaque fois le nombre des générateurs et augmenté le nombre des états possible du système lui aussi augmente ; ce qui donne beaucoup plus de chance pour les états de bonne fonctionnement du système d'émerger, cela donne une grande marge de

## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

manœuvre pour les ingénieurs qui gère le système pour l'amener en bonne état de fonctionnement.

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

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

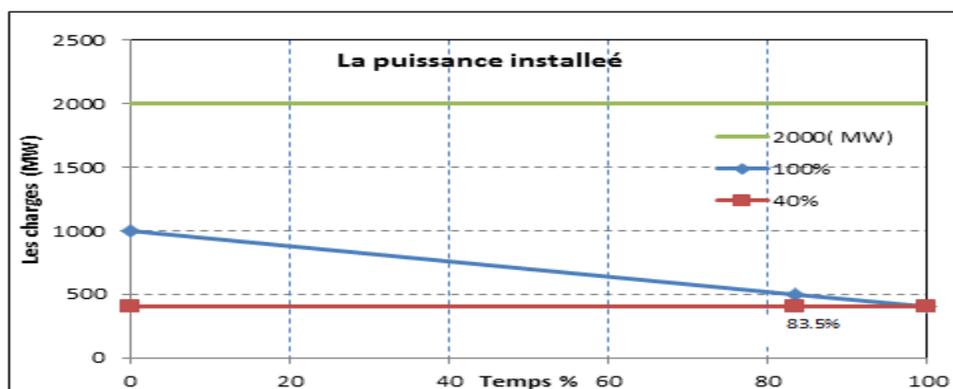
Dans cette section de l'application de la thèse le calcul de l'indice LOLE est effectuée pour les différents cas de figures concernant la configuration de la centrale électrique voir le changement du nombre d'unités installer dans le système, et dans chaque configuration la charge a été varier pour étudier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

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

$$\text{LOLE} = \text{Probabilité individuel} \times \text{Temps}(\%)$$

#### 3.4.2.1. Centrale à quatre (04) Générateurs pour la puissance installée 2000 (MW).

**A.1<sup>er</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 1000MW à un minimum de 400 MW, comme représentée sur la figure 3.3.



**Figure 3. 3:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximal 1000 (MW))

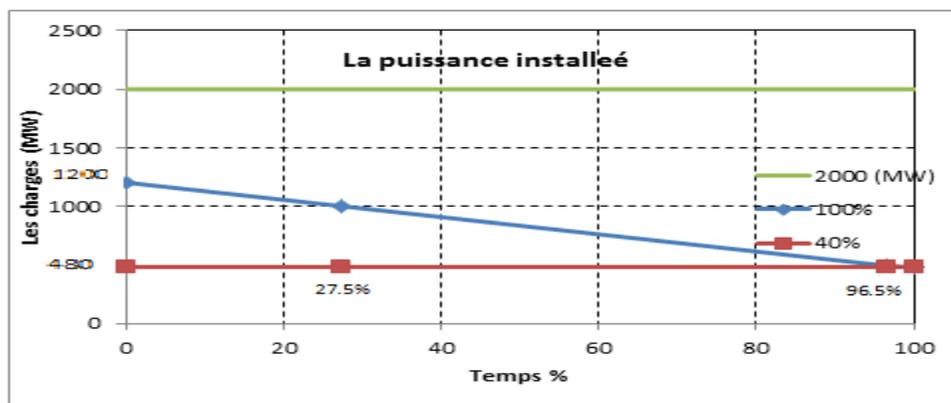
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.15:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 1000MW

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité Individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	2000	0.92236816	0	-
500	1500	0.07529536	0	-
1000	1000	0.0230496	0	-
1500	500	0.00003136	83.5 %	0.00261856
2000	0	0.00000016	100 %	0.000016
				0.002634

L'indice LOLE total du system est de 0.002634% en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 0.96 jour (13.89 minutes).

**B. 2<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 1200MW à un minimum de 480 MW, comme représentée sur la figure 3.4.



**Figure 3. 4:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 1200 (MW))

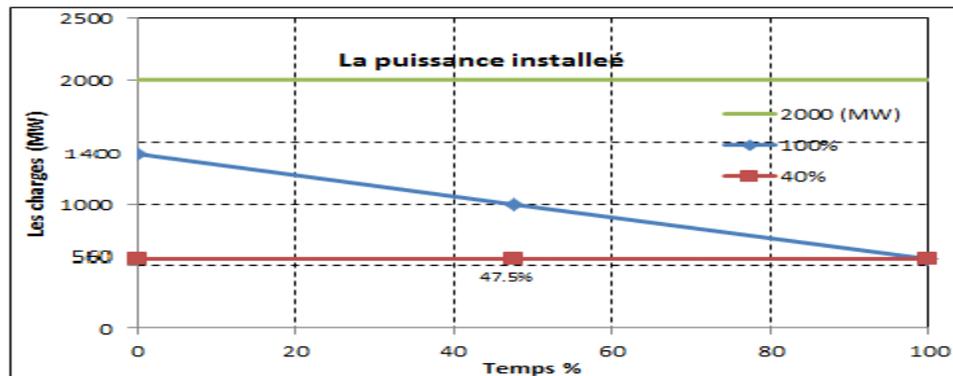
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.16:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 1200MW

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	2000	0.92236816	0	-
500	1500	0.07529536	0	-
1000	1000	0.0230496	27.5 %	0.0633864
1500	500	0.00003136	96.5 %	0.00302624
2000	0	0.00000016	100 %	0.000016
				0.066428

L'indice LOLE total du system est de 0.066428 % en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 0.242 jour (5.81 heure).

**C. 3<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 1400MW à un minimum de 560 MW, comme représentée sur la figure 3.5.



**Figure 3. 5:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 1400 MW)

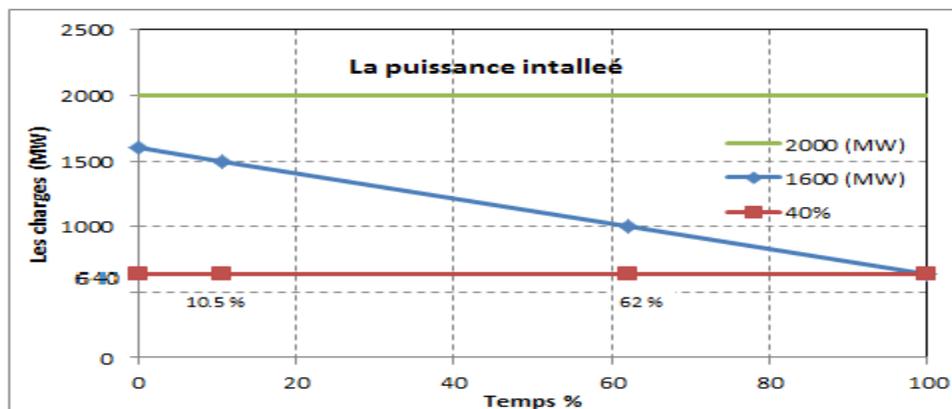
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.17:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge1400MW

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	2000	0.92236816	0	-
500	1500	0.07529536	0	-
1000	1000	0.0230496	47.5 %	0.1094856
1500	500	0.00003136	100 %	0.0033136
2000	0	0.00000016	100 %	0.000016
				0.1126376

L'indice LOLE total du system est de 0.1126376% en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 0.41 jours ou de 9.86 heures.

**D.4<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 1600MW à un minimum de 640 MW, comme représentée sur la figure 3.6.



**Figure 3. 6:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 1600 MW)

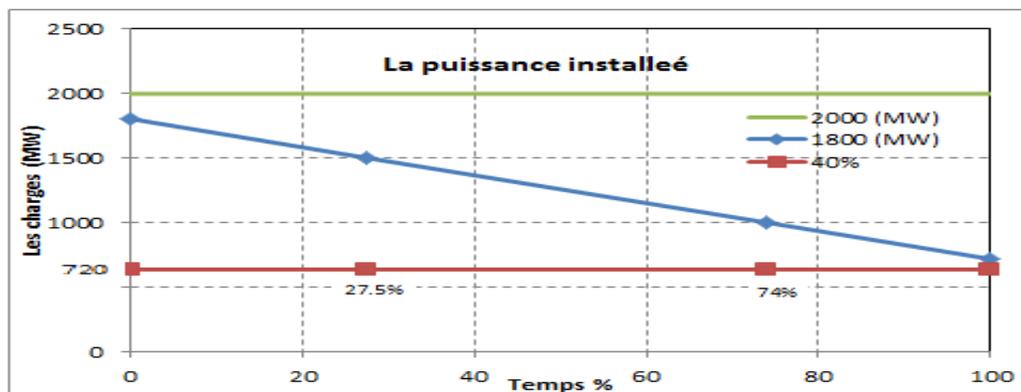
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.18:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 1600MW

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité Individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	2000	0.92236816	0	-
500	1500	0.07529536	10.5 %	0.79060128
1000	1000	0.0230496	62 %	0.14290752
1500	500	0.00003136	100 %	0.003136
2000	0	0.00000016	100 %	0.000016
				0.936608

LOLE total du system est de 0.936608% en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 3.41 jours.

**E.5<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 1800 MW à un minimum de 720 MW, comme représentée sur la figure 3.7.



**Figure 3. 7:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 1800 MW)

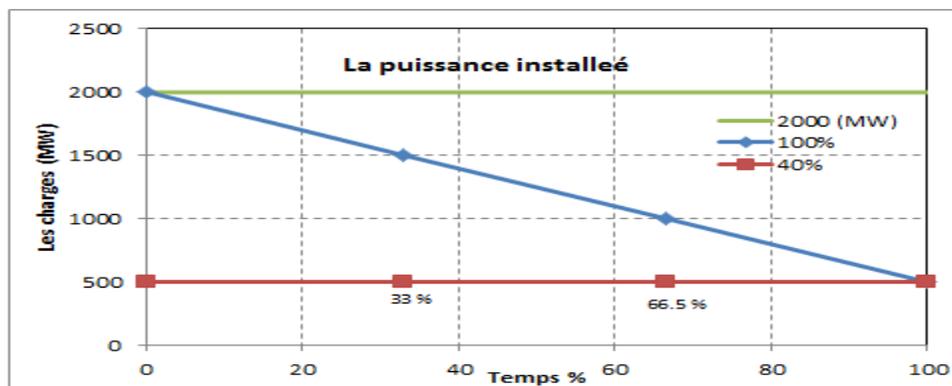
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.19:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 1800MW

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité Individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	2000	0.92236816	0	-
500	1500	0.07529536	27.5 %	2.0706224
1000	1000	0.0230496	74 %	1.7056704
1500	500	0.00003136	100 %	0.003136
2000	0	0.00000016	100 %	0.000016
				3.779444

L'indice LOLE total du system est de 3.779444% en base de temps. En supposant que l'année de 365 jours, cet indice LOLE devient 13.79 jours

**F.6<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 2000 MW à un minimum de 500 MW, comme représentée sur la figure 3.8



**Figure 3. 8:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 2000 MW)

## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

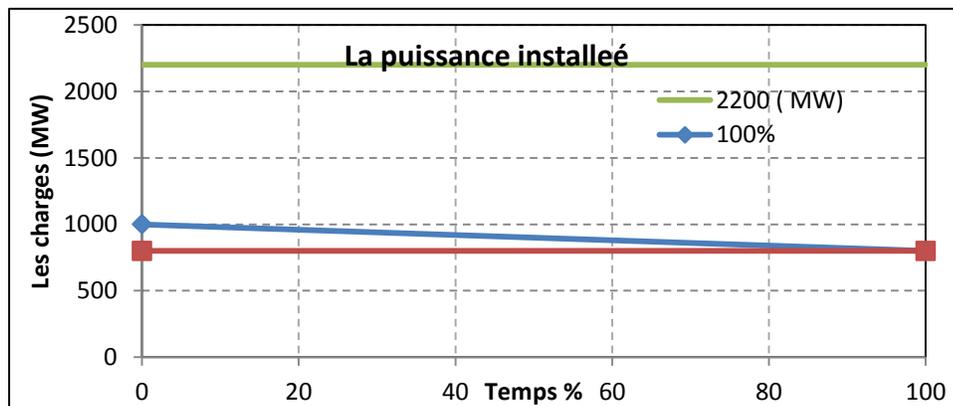
**Tableau 3.20:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 2000MW

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité Individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	2000	0.92236816	0	-
500	1500	0.07529536	33 %	2.48474688
1000	1000	0.0230496	66.5 %	1.5327984
1500	500	0.00003136	100 %	0.003136
2000	0	0.00000016	100 %	0.000016
				4.020697

L'indice LOLE total du system est de 4.020697 % en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 14.67 jours.

### 3.4.2.2 : Centrale à cinq (05 ) Générateurs pour la puissance installée 2200 (MW).

**A.1<sup>er</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 1000MW à un minimum de 400 MW, comme représentée sur la figure 3.9



**Figure 3. 9:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 1000 MW)

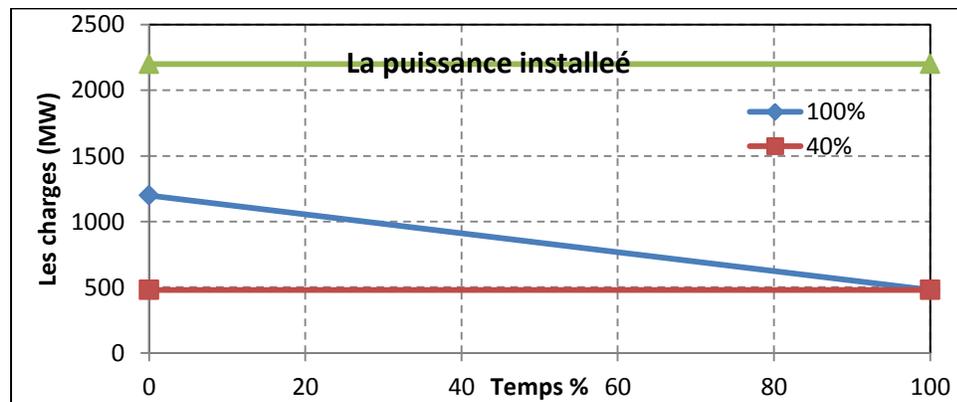
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.21:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 1000MW

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité Individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	2200	0.903920	-	-
400	1800	0.092236815	-	-
900	1300	0.00376476	-	-
1000	1200	0.0007683	-	-
2000	200	0.00000078	100 %	0.000078
2200	0	0.000000003	100 %	0.0000003
				0.0000783

L'indice LOLE total du system est de 0.0000783 % en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 0.028 jour (25 secondes).

**B.2<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 1200MW à un minimum de 480 MW, comme représentée sur la figure 3.10



**Figure 3. 10:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maxima 1200 MW).

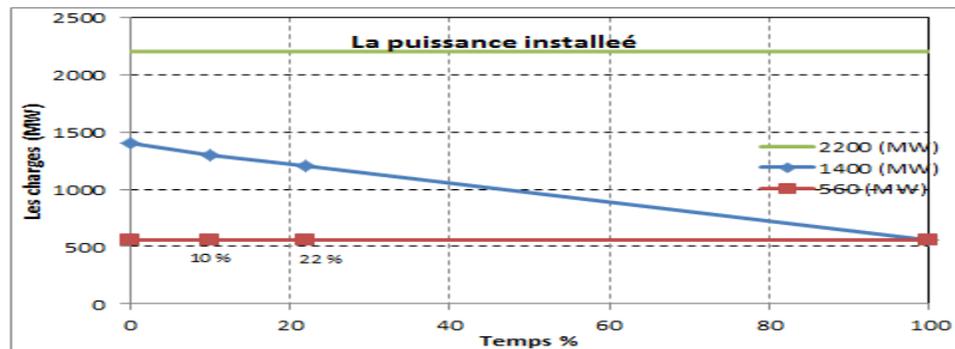
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.22:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 1200MW

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	2200	0.903920	-	-
400	1800	0.092236815	-	-
900	1300	0.00376476	-	-
1000	1200	0.0007683	-	-
2000	200	0.00000078	100 %	0.000078
2200	0	0.000000003	100 %	0.0000003
				0.0000783

L'indice LOLE total du system est de 0.0000783 % en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 0.028 jour (25 secondes).

**C.3<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 1400MW à un minimum de 560 MW, comme représentée sur la figure 3.11



**Figure 3. 11:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 1400 MW).

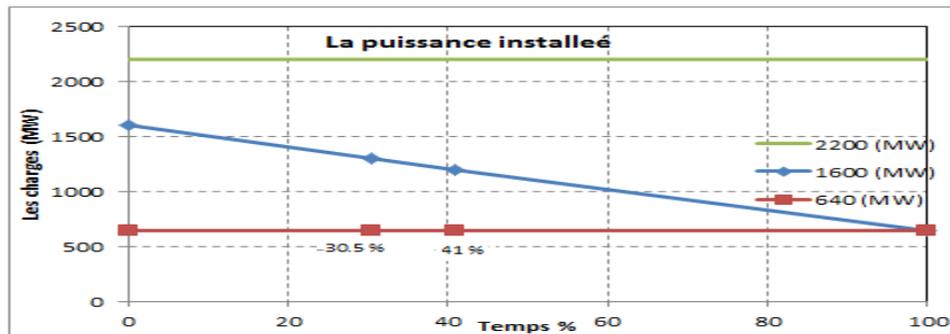
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.23:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 1400MW

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	2200	0.903920	-	-
400	1800	0.092236815	-	-
900	1300	0.00376476	9.5 %	0.03576522
1000	1200	0.0007683	23.5 %	0.01805505
2000	200	0.00000078	100 %	0.000078
2200	0	0.000000003	100 %	0.0000003
				0.05389857

L'indice LOLE total du system est de 0.05389857 % en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 0.196 jours

**D.4<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 1600MW à un minimum de 640 MW, comme représentée sur la figure 3.12



**Figure 3. 12:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 1600 MW).

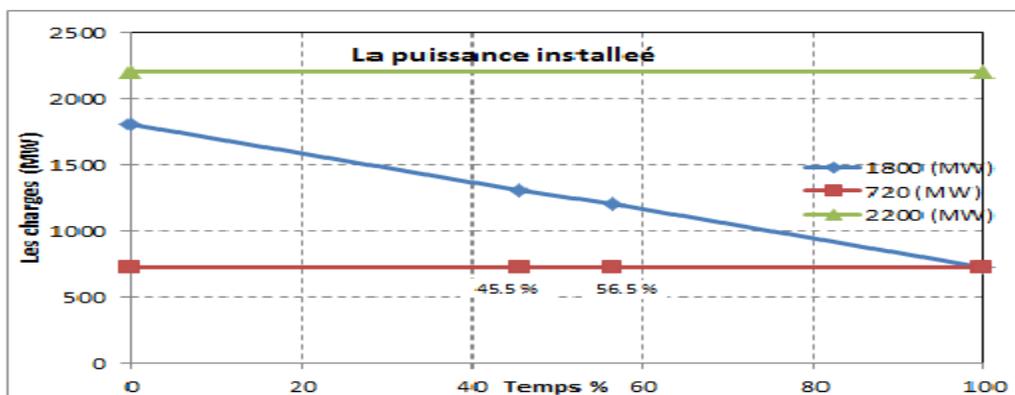
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.24:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 1600MW

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	2200	0.903920	-	-
400	1800	0.092236815	-	-
900	1300	0.00376476	30.5 %	0.11482518
1000	1200	0.0007683	42.5 %	0.03265275
2000	200	0.00000078	100 %	0.000078
2200	0	0.000000003	100 %	0.0000003
				1.47556

L'indice LOLE total du system est de 1.47556 % en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 5.38 jours.

**E.5<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 1800MW à un minimum de 720 MW, comme représentée sur la figure 3.13



**Figure 3. 13:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 1800 MW).

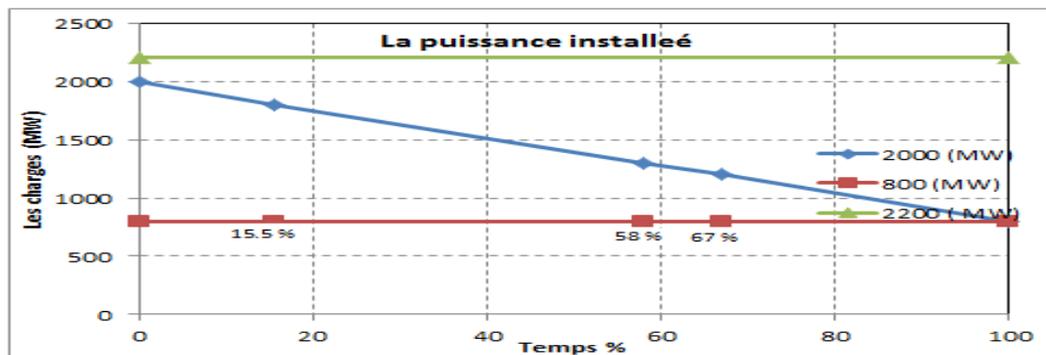
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.25:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 1800MW

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	2200	0.903920	-	-
400	1800	0.092236815	-	-
900	1300	0.00376476	45.5 %	0.17129658
1000	1200	0.0007683	56.5 %	0.04340895
2000	200	0.00000078	100 %	0.000078
2200	0	0.000000003	100 %	0.0000003
				0.214783

L'indice LOLE total du system est de 0.21478% en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 0.78 jour (18.31 heures).

**F.6<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 2000MW à un minimum de 800 MW, comme représentée sur la figure 3.14



**Figure 3. 14:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 2000 MW).

## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

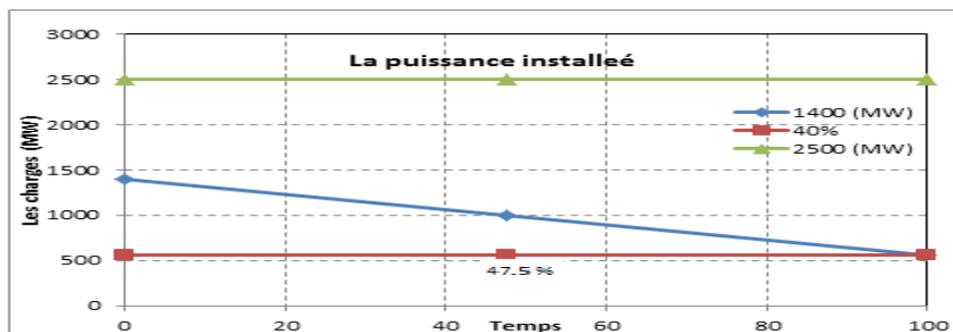
**Tableau 3.26:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 2000MW

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	2200	0.903920	-	-
400	1800	0.092236815	15.5 %	1.42961325
900	1300	0.00376476	58 %	0.21835608
1000	1200	0.0007683	68 %	0.0522444
2000	200	0.00000078	100 %	0.000078
2200	0	0.000000003	100 %	0.0000003
				1.700370

L'indice LOLE total du system est de 1.700370 % en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 6 jours.

### 3.4.2.3 : Centrale à cinq (05 ) Générateurs pour la puissance installée 2500 (MW).

**A.1<sup>er</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 1400MW à un minimum de 560 MW, comme représentée sur la figure 3.15



**Figure 3. 15:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 1400 (MW)).

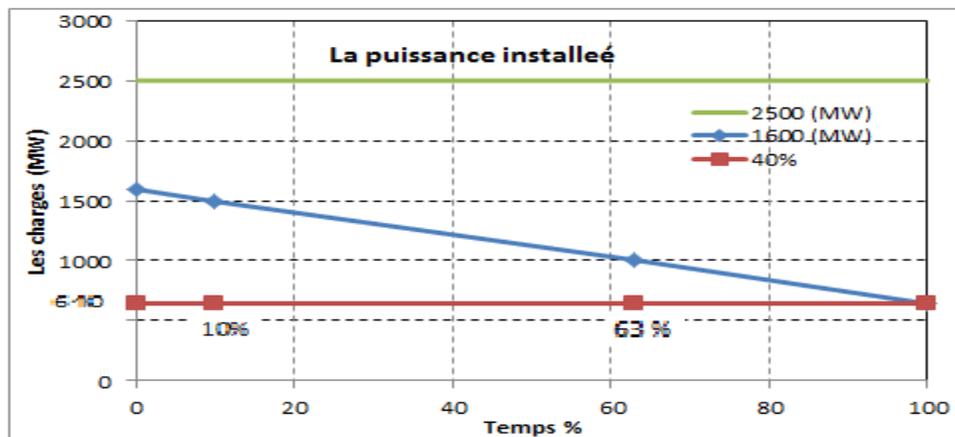
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.27:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 1400MW

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	2500	0.903920796	-	-
500	2000	0.092236815	-	-
1000	1500	0.00376476	-	-
1500	1000	0.000076832	47.5 %	0.00364952
2000	500	0.00000078	100 %	0.000078
2500	0	0.000000003	100 %	0.0000003
				0.003727

L'indice LOLE total du system est de 0.00372% en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 0.0136 jours 19.58 minutes.

**B.2<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 1600MW à un minimum de 640 MW, comme représentée sur la figure 3.19



**Figure 3.16 :** Courbe de variation du pic de la charge quotidienne (Charge maximale 1600 (MW)).

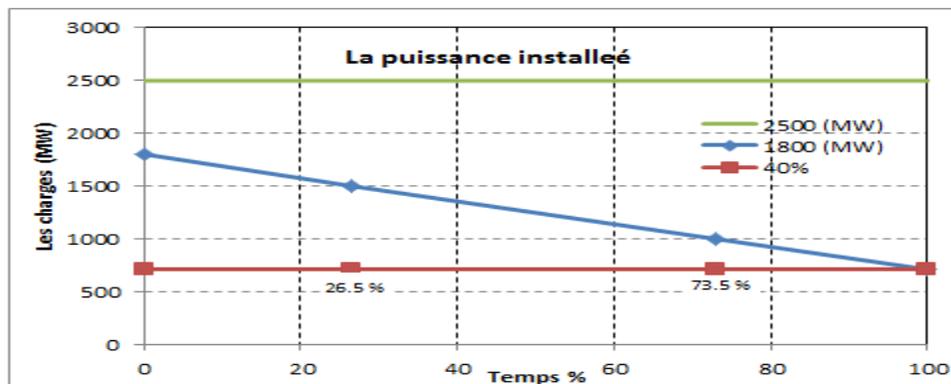
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.28:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 1600MW

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	2500	0.903920796	-	-
500	2000	0.092236815	-	-
1000	1500	0.00376476	10 %	0.0376476
1500	1000	0.000076832	63 %	0.04840416
2000	500	0.00000078	100 %	0.000078
2500	0	0.000000003	100 %	0.0000003
				0.042566

L'indice LOLE total du system est de 0.04256 % en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 0.155 jour (3.72 heures).

**C.3<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 1800MW à un minimum de 720 MW, comme représentée sur la figure 317



**Figure 3.17:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 1800MW).

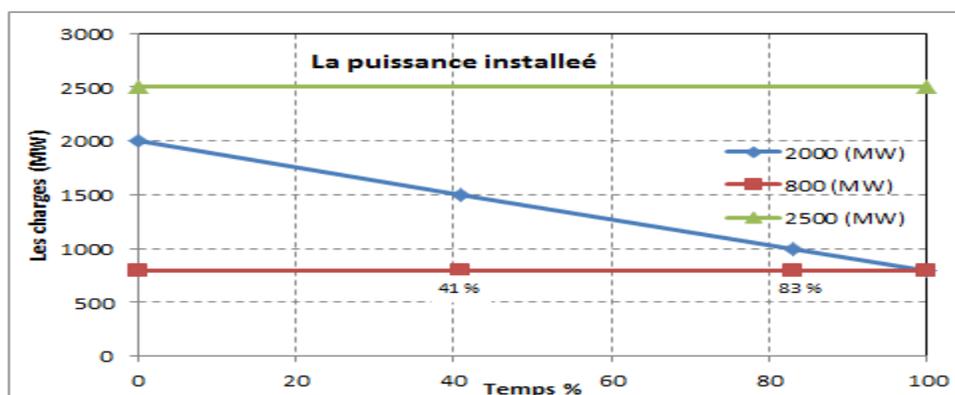
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.29:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 1800MW.

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité Individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	2500	0.903920796	-	-
500	2000	0.092236815	-	-
1000	1500	0.00376476	29 %	0.10917804
1500	1000	0.000076832	73.5 %	0.005647152
2000	500	0.00000078	100 %	0.000078
2500	0	0.000000003	100 %	0.0000003
				0.114903

L'indice LOLE total du system est de 0.11490 % en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 0.41 jour (10 heures).

**D.4<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 2000MW à un minimum de 800 MW, comme représentée sur la figure 3.18



**Figure 3. 18:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 2000MW).

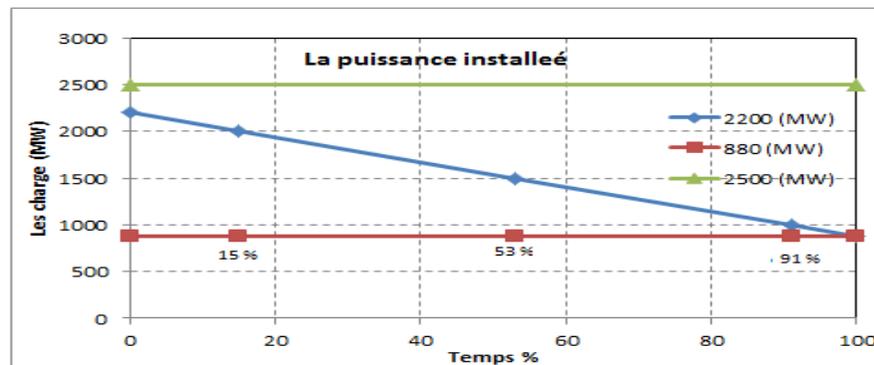
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.30:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 2000MW.

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité Individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	2500	0.903920796	-	-
500	2000	0.092236815	-	-
1000	1500	0.00376476	41 %	0.15435516
1500	1000	0.000076832	83.5 %	0.0064155472
2000	500	0.00000078	100 %	0.000078
2500	0	0.000000003	100 %	0.0000003
				0.160849

L'indice LOLE total du system est de 0.160849 % en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 0.58 jour (14 h).

**E.5<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 2200MW à un minimum de 800 MW, comme représentée sur la figure 3.19



**Figure 3. 19:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 2200MW).

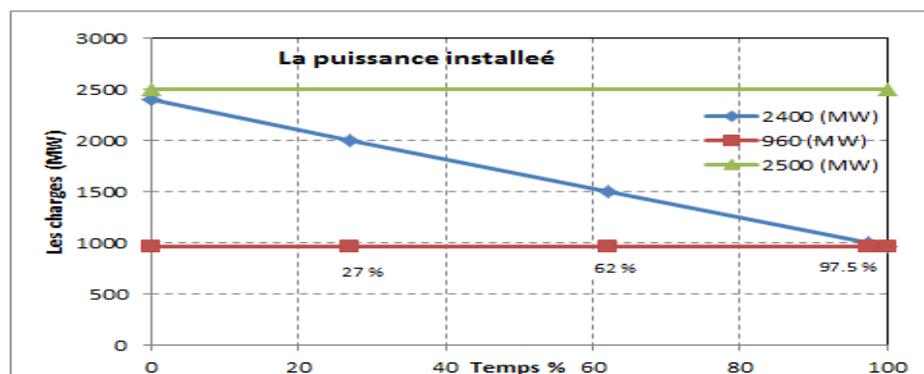
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.31:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 2200MW.

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	2500	0.903920796	-	-
500	2000	0.092236815	15 %	1.383552225
1000	1500	0.00376476	53 %	0.19953228
1500	1000	0.000076832	91 %	0.006991712
2000	500	0.00000078	100 %	0.000078
2500	0	0.000000003	100 %	0.0000003
				1.5901545

L'indice LOLE total du system est de 1.5901545 % en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 5.8 jours.

**F.6<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 2400MW à un minimum de 800 MW, comme représentée sur la figure 3.20



**Figure 3. 20:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 2400MW).

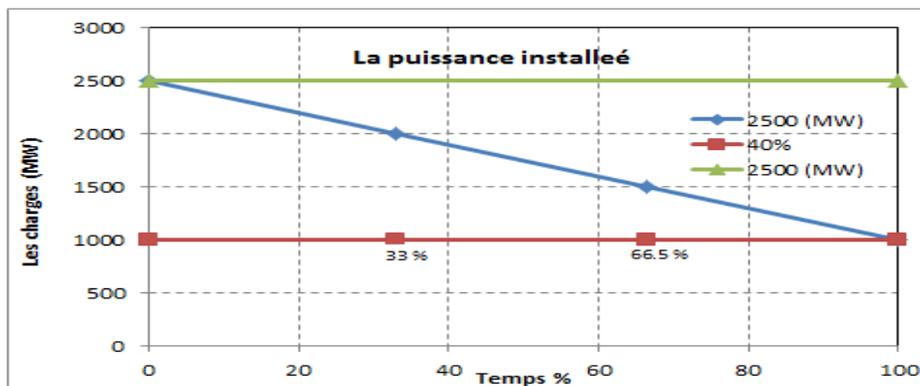
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.32:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 2400MW

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité Individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	2500	0.903920796	-	-
500	2000	0.092236815	27 %	2.49034005
1000	1500	0.00376476	62 %	0.23341512
1500	1000	0.000076832	97.5 %	0.00749112
2000	500	0.00000078	100 %	0.000078
2500	0	0.000000003	100 %	0.0000003
				2.731378

L'indice LOLE total du system est de 2.731378 % en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 9.96 jours.

**G.7<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 2500MW à un minimum de 960MW, comme représentée sur la figure 3.21



**Figure 3. 21:** Courbe de variation du pic de la charge quotidienne (Charge maximale 2500MW).

## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

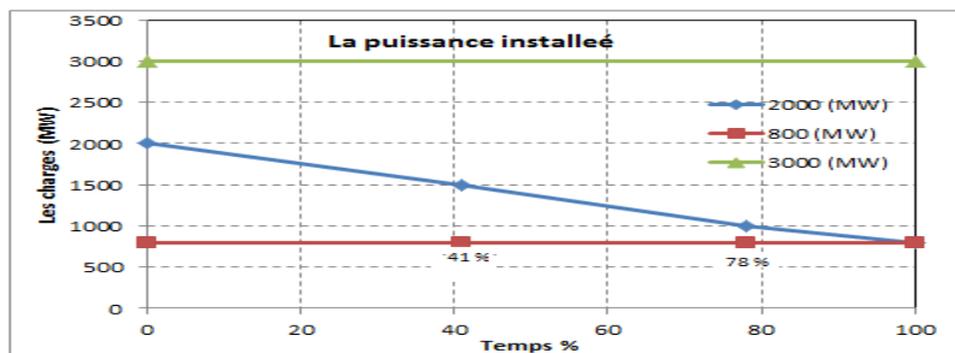
**Tableau 3.33:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 2500MW

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	2500	0.903920796	-	-
500	2000	0.092236815	33 %	3.043814895
1000	1500	0.00376476	66.5 %	2.5035654
1500	1000	0.000076832	100 %	0.0076832
2000	500	0.00000078	100 %	0.000078
2500	0	0.000000003	100 %	0.0000003
				5.555141

L'indice LOLE total du system est de 5.555141% en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 20 jours.

### 3.4.2.4 : Centrale à six (06) Générateurs de la puissance installée 3000 (MW).

**A.1<sup>er</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 2000MW à un minimum de 800 MW, comme représentée sur la figure 3.22



**Figure 3. 22:** Courbe de variation du pic de la charge quotidienne (Charge maximale 2000MW).

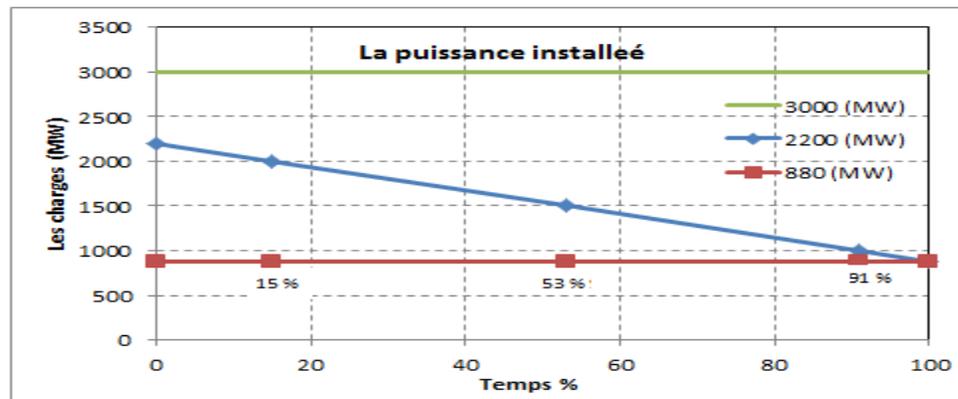
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.34:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 2000MW

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	3000	0.88584238	-	-
500	2500	0.10847049	-	-
1000	2000	0.005534205	-	-
1500	1500	0.00015058	41 %	0.00617378
2000	1000	0.000002295	78 %	0.00017901
2500	500	0.000000018	100 %	0.0000018
3000	0	$6.4 * 10^{-11}$	100 %	$6.4 * 10^{-9}$
				0.006354

L'indice LOLE total du system est de 0.006354 % en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 0.023 jour (33.39 minutes).

**B.2<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 2200MW à un minimum de 880 MW, comme représentée sur la figure 3.23



**Figure 3. 23:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 2200MW).

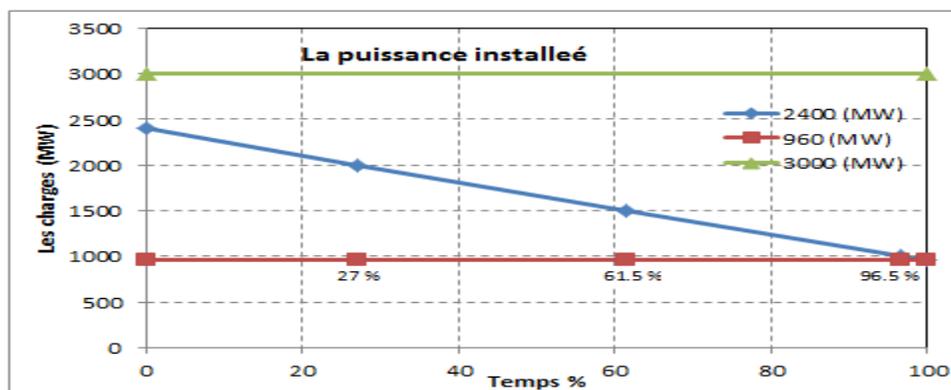
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.35:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 2200MW

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	3000	0.88584238	-	-
500	2500	0.10847049	-	-
1000	2000	0.005534205	15 %	0.083013075
1500	1500	0.00015058	53 %	0.00798074
2000	1000	0.000002295	91 %	0.000208845
2500	500	0.000000018	100 %	0.00000018
3000	0	$6.4 \cdot 10^{-11}$	100 %	$6.4 \cdot 10^{-9}$
				0.091202

L'indice LOLE total du system est de 0.091202 % en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 8 heures.

**C.3<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 2400MW à un minimum de 960 MW, comme représentée sur la figure 3.24



**Figure 3. 24:** Courbe de variation du pic de la charge quotidienne (Charge maximale 2400MW).

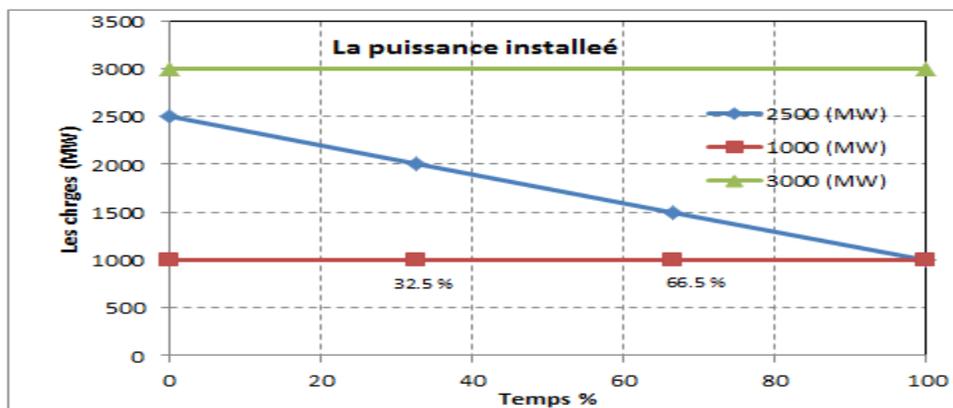
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.36:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 2400MW.

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité Individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	3000	0.88584238	-	-
500	2500	0.10847049	-	-
1000	2000	0.005534205	27%	0.149423535
1500	1500	0.00015058	61.5 %	0.00926067
2000	1000	0.000002295	96.5 %	0.000221467
2500	500	0.000000018	100 %	0.0000018
3000	0	$6.4 \cdot 10^{-11}$	100 %	$6.4 \cdot 10^{-9}$
				0.158907

L'indice LOLE total du system est de 0.15890% en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 0.58 jour (13.92 heures).

**D.4<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 2500MW à un minimum de 1000 MW, comme représentée sur la figure 3.25



**Figure 3. 25:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 2500MW).

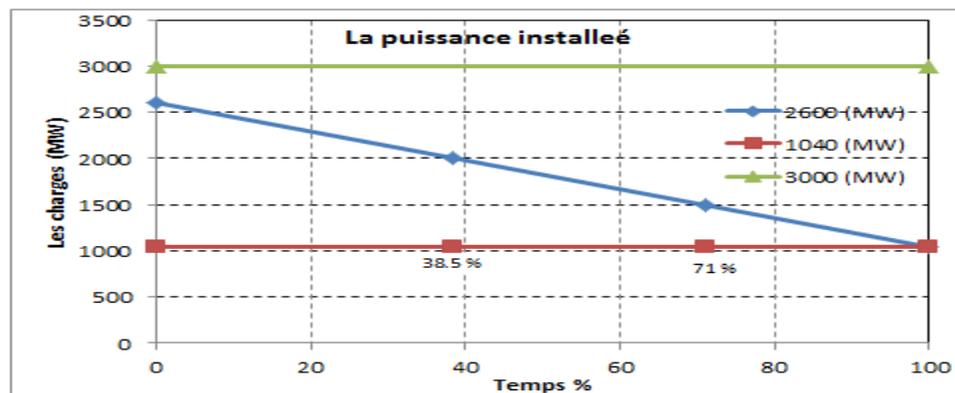
**Tableau 3.37:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 2500MW.

## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité Individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	3000	0.88584238	-	-
500	2500	0.10847049	-	-
1000	2000	0.005534205	32.5 %	0.179861662
1500	1500	0.00015058	66.5 %	0.01001357
2000	1000	0.000002295	96.5 %	0.000221467
2500	500	0.000000018	100 %	0.0000018
3000	0	$6.4 \cdot 10^{-11}$	100 %	$6.4 \cdot 10^{-9}$
				0.19016

L'indice LOLE total du system est de 0.1901 % en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 0.69 jour (16.65 heures).

**E.5<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 2600MW à un minimum de 1040 MW, comme représentée sur la figure 3.26



**Figure 3. 26:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 2600MW).

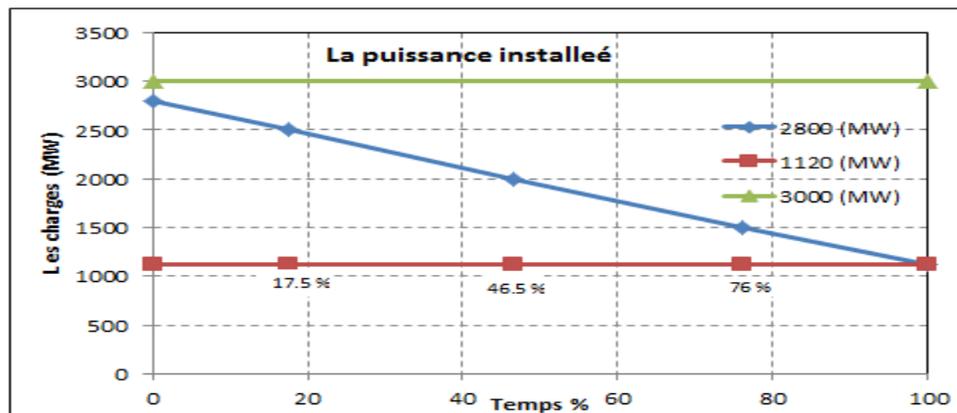
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.38:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 2600MW.

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité Individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	3000	0.88584238	-	-
500	2500	0.10847049	-	-
1000	2000	0.005534205	38.5 %	0.213066892
1500	1500	0.00015058	71 %	0.01069118
2000	1000	0.000002295	100 %	0.0002295
2500	500	0.000000018	100 %	0.0000018
3000	0	$6.4 \cdot 10^{-11}$	100 %	$6.4 \cdot 10^{-9}$
				0.223989

L'indice LOLE total du system est de 0.223989 % en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 0.81 jour (19.62 heures).

**F.6<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 2800MW à un minimum de 1120 MW, comme représentée sur la figure 3.26



**Figure 3. 27:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 2800MW).

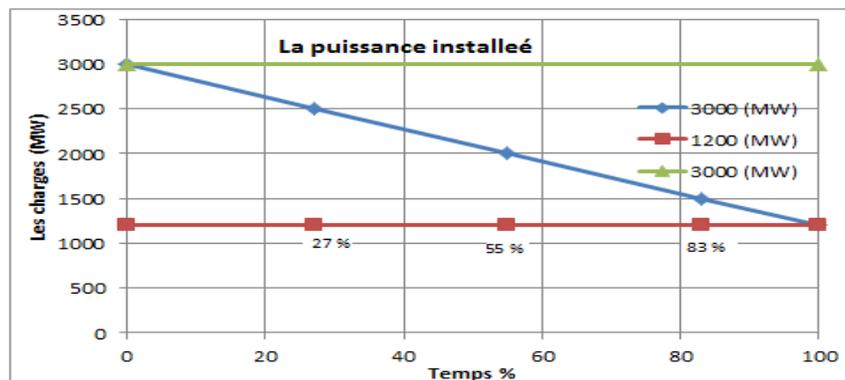
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.39:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 2800MW.

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité Individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	3000	0.88584238	-	-
500	2500	0.10847049	17.5 %	0.189823357
1000	2000	0.005534205	46.5 %	0.257340532
1500	1500	0.00015058	76 %	0.01144408
2000	1000	0.000002295	100 %	0.0002295
2500	500	0.000000018	100 %	0.0000018
3000	0	$6.4 \cdot 10^{-11}$	100 %	$6.4 \cdot 10^{-9}$
				0.458839

L'indice LOLE total du system est de 0.45883% en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 1.6 jour.

**G.7<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 3000MW à un minimum de 1200 MW, comme représentée sur la figure 3.27.



**Figure 3. 28:** Courbe de variation du pic de la charge quotidienne (Charge maximale 3000MW).

## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

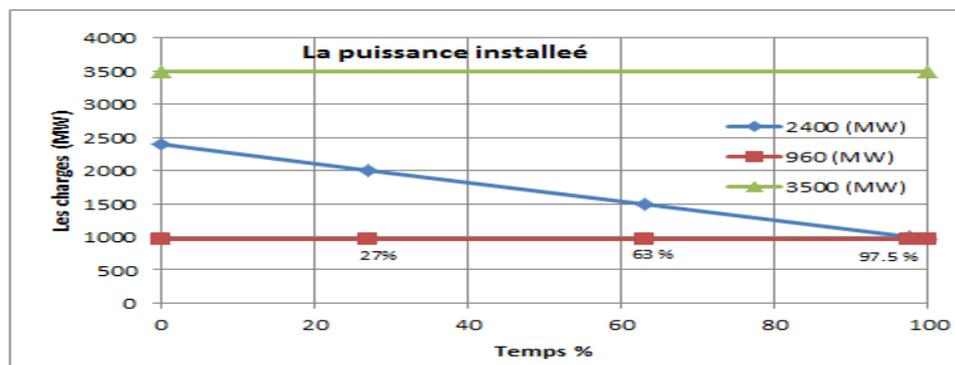
**Tableau 3.40:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 2800MW.

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité Individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	3000	0.88584238	-	-
500	2500	0.10847049	27 %	2.92870323
1000	2000	0.005534205	55 %	0.304381275
1500	1500	0.00015058	83 %	0.01249814
2000	1000	0.000002295	100 %	0.0002295
2500	500	0.000000018	100 %	0.0000018
3000	0	$6.4 \cdot 10^{-11}$	100 %	$6.4 \cdot 10^{-9}$
				3.246043

L'indice LOLE total du system est de 3.246043 % en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 12 jours.

### 3.4.2.5 : Centrale à sept (07) Générateurs de la puissance installée 3500 (MW).

**A.1<sup>er</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 2400MW à un minimum de 960 MW, comme représentée sur la figure 3.28



**Figure 3. 29:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 2400MW).

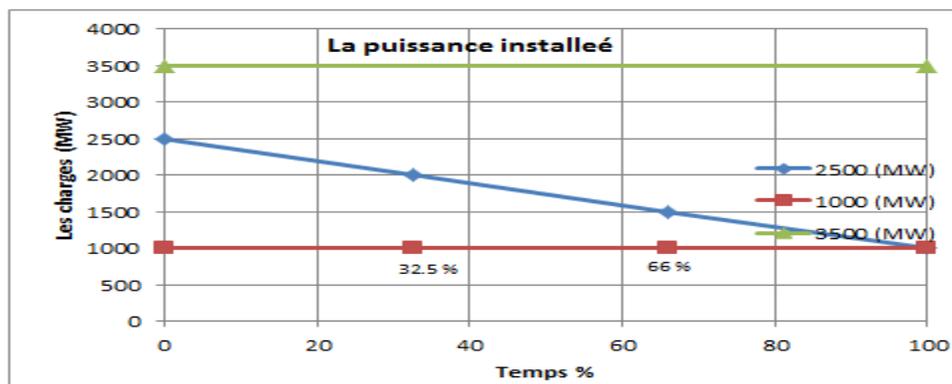
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.41:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 2400MW.

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité Individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	3500	0.868125533	-	-
500	3000	0.124017929	-	-
1000	2500	0.007592928	-	-
1500	2000	0.00025823	27 %	0.00697221
2000	1500	0.00000525	63 %	0.00033075
2500	1000	0.000000042	97.5 %	0.000004095
3000	500	$4.3904 * 10^{-10}$	100 %	$4.3904 * 10^{-8}$
3500	0	$1.28 * 10^{-12}$	100 %	$1.28 * 10^{-10}$
				0.007307

L'indice LOLE total du system est de 0.007307 % en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 0.26 jour (38 minutes).

**B.2<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 2500MW à un minimum de 1000 MW, comme représentée sur la figure 3.29



**Figure 3. 30:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 2400MW).

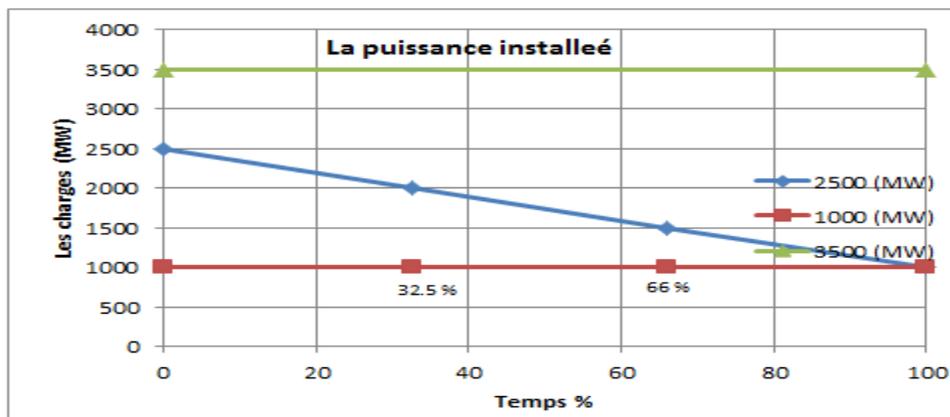
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.42:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 2400MW.

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité Individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	3500	0.868125533	-	-
500	3000	0.124017929	-	-
1000	2500	0.007592928	-	-
1500	2000	0.00025823	32.5 %	0.008392475
2000	1500	0.00000525	66 %	0.0003465
2500	1000	0.000000042	100 %	0.0000042
3000	500	$4.3904 * 10^{-10}$	100 %	$4.3904 * 10^{-8}$
3500	0	$1.28 * 10^{-12}$	100 %	$1.28 * 10^{-10}$
				0.008743

L'indice LOLE total du system est de 0.008743 % en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 45 minutes.

**C.3<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 2500MW à un minimum de 1000 MW, comme représentée sur la figure 3.30



**Figure 3. 31:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 2500MW).

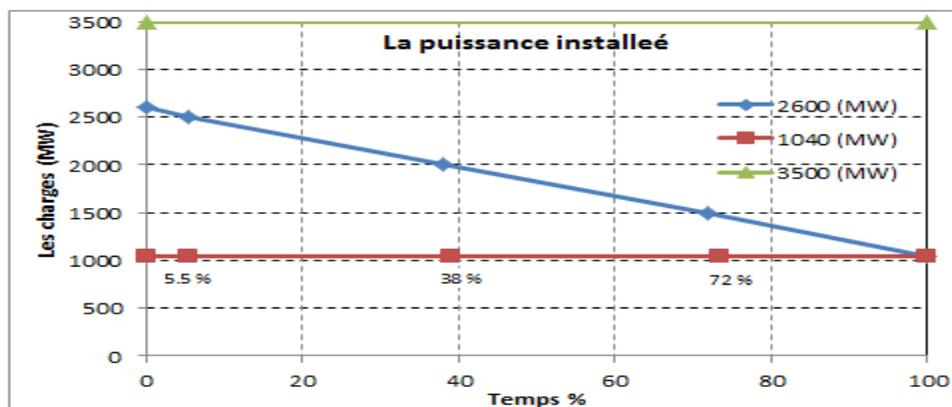
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.43:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 2400MW.

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité Individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	3500	0.868125533	-	-
500	3000	0.124017929	-	-
1000	2500	0.007592928	-	-
1500	2000	0.00025823	32.5 %	0.008392475
2000	1500	0.00000525	66 %	0.0003465
2500	1000	0.000000042	100 %	0.0000042
3000	500	$4.3904 * 10^{-10}$	100 %	$4.3904 * 10^{-8}$
3500	0	$1.28 * 10^{-12}$	100 %	$1.28 * 10^{-10}$
				0.008743

L'indice LOLE total du system est de 0.008743 % en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 0.31 jour de (50 minutes).

**D.4<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 2600MW à un minimum de 1040 MW, comme représentée sur la figure 3.31.



**Figure 3. 32 :** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 2600MW).

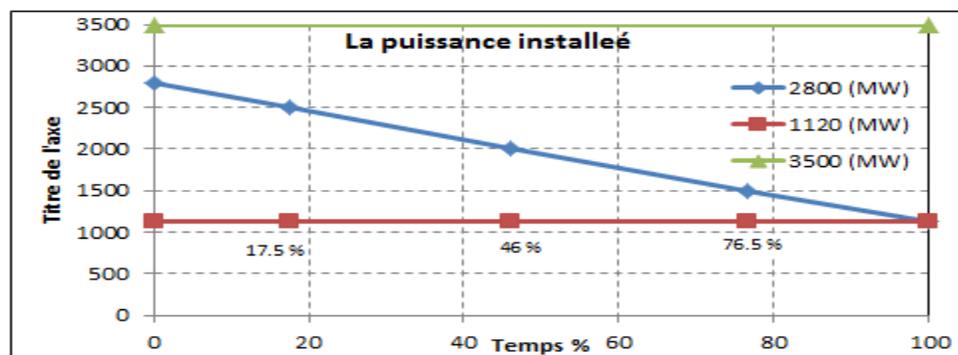
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.44:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 2600MW.

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité Individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	3500	0.868125533	-	-
500	3000	0.124017929	-	-
1000	2500	0.007592928	5.5 %	0.04176095
1500	2000	0.00025823	38 %	0.0981274
2000	1500	0.00000525	72 %	0.000378
2500	1000	0.000000042	100 %	0.0000042
3000	500	$4.3904 * 10^{-10}$	100 %	$4.3904 * 10^{-8}$
3500	0	$1.28 * 10^{-12}$	100 %	$1.28 * 10^{-10}$
				0.0140266

L'indice LOLE total du system est de 0.014026 % en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 1.23 heures.

**E.5<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 2800MW à un minimum de 1120 MW, comme représentée sur la figure 3.32.



**Figure 3. 33:** Courbe de variation du pic de la charge quotidienne (Charge maximale 2800MW).

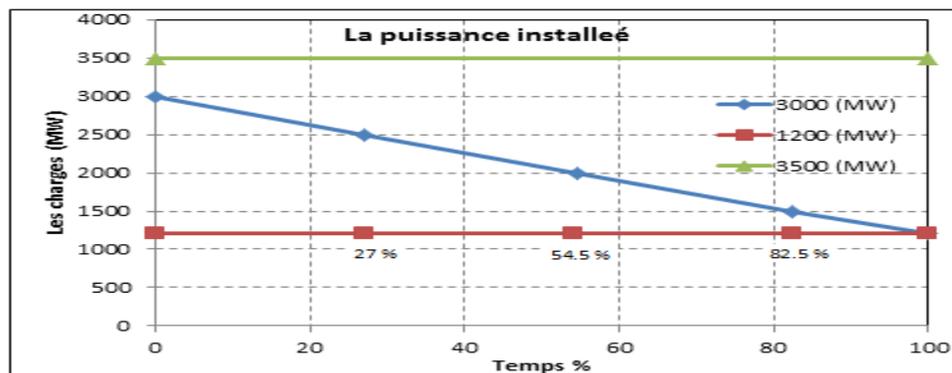
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.45:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 2800 MW.

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité Individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	3500	0.868125533	-	-
500	3000	0.124017929	-	-
1000	2500	0.007592928	17.5 %	0.13287624
1500	2000	0.00025823	46 %	0.01187858
2000	1500	0.00000525	76.5 %	0.000401625
2500	1000	0.000000042	100 %	0.0000042
3000	500	$4.3904 * 10^{-10}$	100 %	$4.3904 * 10^{-8}$
3500	0	$1.28 * 10^{-12}$	100 %	$1.28 * 10^{-10}$
				0.014516

L'indice LOLE total du system est de 0.014516% en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 0.052 jour (1.27 heure).

**F.6<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 3000MW à un minimum de 1200 MW, comme représentée sur la figure 3.33



**Figure 3. 34:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 3000MW).

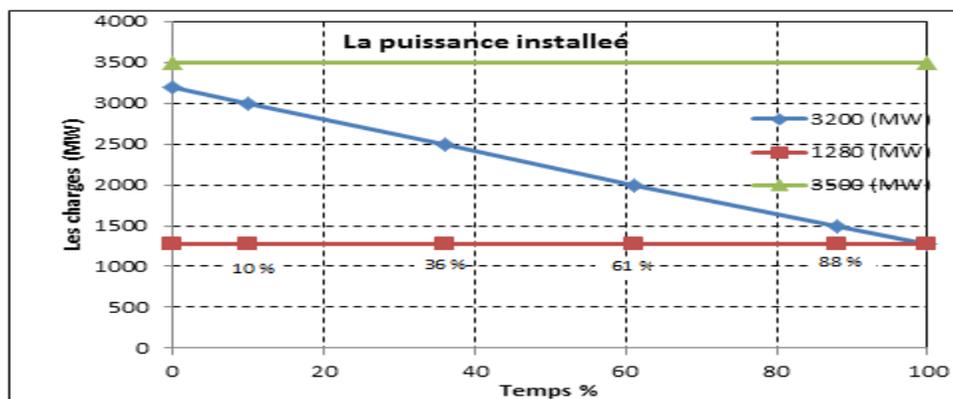
## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

**Tableau 3.46:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 3000MW.

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité Individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	3500	0.868125533	-	-
500	3000	0.124017929	-	-
1000	2500	0.007592928	27 %	0.20500905
1500	2000	0.00025823	54.5 %	0.014073535
2000	1500	0.00000525	82.5 %	0.000433125
2500	1000	0.000000042	100 %	0.0000042
3000	500	$4.3904 * 10^{-10}$	100 %	$4.3904 * 10^{-8}$
3500	0	$1.28 * 10^{-12}$	100 %	$1.28 * 10^{-10}$
				0.219519

L'indice LOLE total du system est de 0.219519 % en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 19 jours.

**G.7<sup>eme</sup> Cas :** La charge est représentée par une ligne droite, elle varie d'un maximum de 3200MW à un minimum de 1280 MW, comme représentée sur la figure 3.39.



**Figure 3. 35:** Courbe de variation du pic de la charge quotidien (Charge maximale 3200MW).

## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

---

**Tableau 3.47:** LOLE en utilisant la probabilité individuelle dans état la charge 3200MW.

Capacité en panne (MW)	Capacité en service (MW)	Probabilité Individuel	Période de temps (%)	LOLE %
0	3500	0.868125533	-	-
500	3000	0.124017929	9 %	1.116161361
1000	2500	0.007592928	36 %	0.273345408
1500	2000	0.00025823	61 %	0.01575203
2000	1500	0.00000525	88 %	0.000462
2500	1000	0.000000042	100 %	0.0000042
3000	500	$4.3904 * 10^{-10}$	100 %	$4.3904 * 10^{-8}$
3500	0	$1.28 * 10^{-12}$	100 %	$1.28 * 10^{-10}$
				1.405725

L'indice LOLE total du system est de 1.405725 % en base de temps. En supposant que l'année est de 365 jours, cet indice LOLE devient 5.13 jours.

## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

---

**Le tableau 3.48** La variation du risque au niveau de l'addition successive des unités de 500 MW est dévoilé

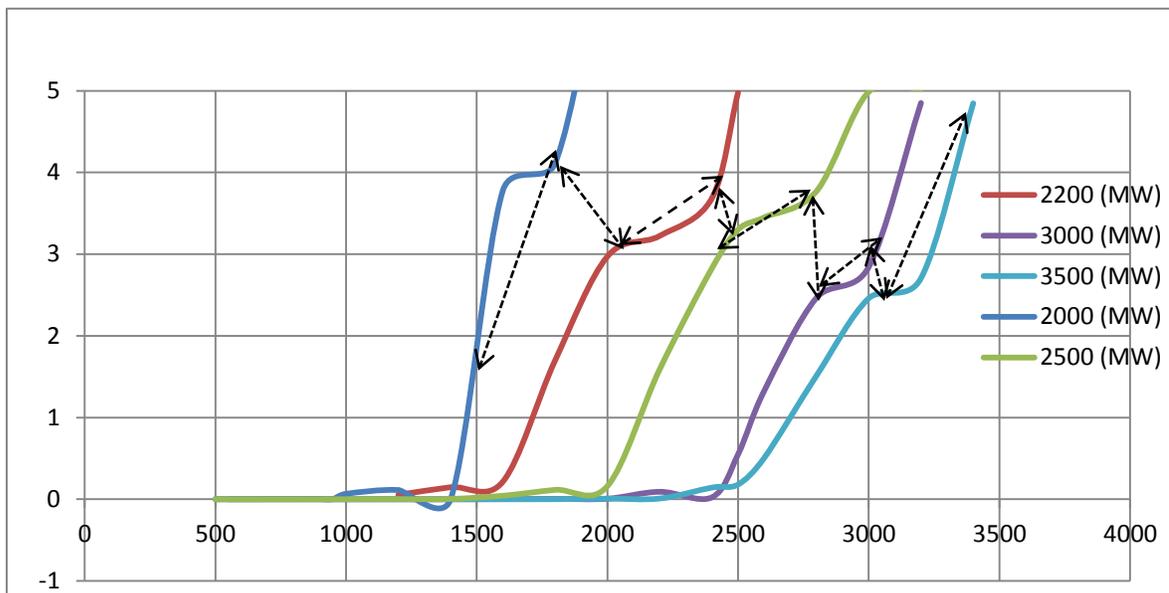
Charge maximal	2000MW	2200MW	2500MW	3000MW	3500MW
1000	0.002634	0.000078	-	-	-
1200	0.066418	0.000078	-	-	-
1400	0.112637	0.053898	0.003727	-	--
1600	0.936660	0.147556	0.042566	-	-
1800	3.779444	0.214783	0.114903	-	-
2000	4.02608	1.700370	0.160849	0.006354	-
2200	-	2.97165	1.590192	0.091202	-
2400	-		2.827456	0.158907	0.007307
2500	-		3.301932	0.190106	0.008743
2600	-	-		0.223989	0.142860
280	-	-		0.458839	0.145160
3000	-	-		3.246043	0.223316
3200	-	-	-	-	1.405725
3400	-	-	-	-	-
3500	-	-	-	-	-

Tell que : 2000 (MW), 2200 (MW), 2500 (MW), 3000 (MW), 3500 (MW) : des puissances installées.

## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

### 3.4.2.5. Discussion des résultats :

- 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 voire la loi  $2^n$ , 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 installer est répartie sur plus d'unité de production (générateur) ce qui diminue la puissance qui peut être hors service par la panne des générateur.
- La conception d'analyse d'extension de la capacité peut être illustrée à l'aide du système de quatre unités de 500 MW avec un taux de panne forcé 0.02.
- Si la variation de risque soit presque 0.1 % ,0.15 %, il faut on ajoute des unités de 500 MW pour répondre a une projection de croissance future de la charge 10 % /ans
- Dans chaque configuration il est très remarquable que chaque fois la réserve de la puissance installer est importante le système devient plus fiabilité, ce qui est traduit par une diminution de LOLE.



**Figure. 3.36 :** variation du risque avec des ajouts d'unités

## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

---

La charge de pointe annuelle pour chacune des huit prochaines années est indiquée dans le tableau 3.49

**Le tableau 3.49** : La charge de pointe annuelle pour chacune des huit prochaines années

<b>Numéro de l'année</b>	<b>La charge de pointe prévisions (MW)</b>
1	1400
2	1600
3	1760
4	2300
5	2400
6	2600
7	2800
8	3000

L'hypothèse selon laquelle une capacité installée de 2000 MW est suffisante pour un système de charge maximale de 1600 MW, avec un critère de risque de 0.15 jours/an. Ce niveau de risque peut être utilisé pour mesurer l'adéquation de la capacité du système dans les années successives à la future. Il doit être réalisé que n'importe quel niveau de risque aurait pu être sélectionné. Le choix actuel est une décision de gestion. En utilisant le critère de 0,15 jours/an, le calendrier des unités ajoutées peuvent être obtenus en utilisant la figure. 3.36. Cette extension est montrée dans le tableau 3.50.

## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

---

**Le tableau 3.50** : expansion de la production des résultats

<b>Année</b>	<b>Unité ajoutée (MW)</b>	<b>Capacité de système (MW)</b>	<b>Charge de point (MW)</b>	<b>LOLE (jour/année)</b>
1	-	2000	1400	0.11
2	-	2000	1600	0.93
	200	2200	1760	0.05
3	-		2300	0.14
	300	2500	2400	0.04
4	-		2600	0.11
5	-		2750	0.16
	500	3000	2800	0.0063
			3000	0.158
7	500	3500	3200	0.007
8	-	-	3400	0.008

La majoration en ajoutons les unités de 500 MW devrait être faites dans les années, 5 et 7. La variation du niveau de risque annuel est représentée par les lignes pointillées dans la figure. 3.36. Cette étude particulière sur l'expansion représente un cas un peu idéalisé. La valeur actuelle de ce régime particulier devra être comparée avec d'autres régimes afin de déterminer l'optimum motif d'expansion pour le système en étude.

L'étude d'expansion devrait couvrir une assez longue période dans l'avenir afin d'établir une évaluation réaliste de la valeur actuelle et pour minimiser les effets de perturbation cette étude doit aussi prendre en considération les effets de perturbation provoquée par l'ajout de différentes dimensions des unités qui peuvent être introduite dans le système (unités de 200MW, unités 500MW ...ect).

## Chapitre 3 L'extension des centrales électriques : Application

---

### 3.5 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté l'application de la théorie des probabilités sur de différents cas de figures. L'application de la méthode l'extension des centrales électriques et des durées sur un système de production et la charge (consommation). Les résultats de cette application sont représentés sur de différents tableaux et courbes et ont été interprétés.

# *Conclusion générale*

# *Conclusion générale*

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

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

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

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

- ✚ Changement de la configuration de la centrale électrique par la variation du nombre des générateurs ainsi la capacité de chaque générateur voir tableau 3.1.
- ✚ Dans chaque configuration la probabilité de chaque état (possibilités), ainsi que indice LOLE sont calculée.
- ✚ Chaque configuration est étudiée pour de différentes consommations (charges), pour voir l'influence sur l'indice de fiabilité LOLE comme représenter sur les figures 3.2 et 3.3 et 3.4 et 3.5 et 3.6 et 3.7 et 3.8 et 3.9
- ✚ La variation des probabilités favorable et défavorable est appliquée pour voir sont effet sur l'indice LOLE.

## Conclusion générale

---

- ✚ L'évaluation de la fiabilité du système de production est étudiée par la méthode de l'extension et des durées.
- ✚ Le calcul de la probabilité pour chaque cas, donne aux ingénieurs l'information de la production de l'événement (état), la méthode d'extension donne plus d'information pour l'ingénieur concernant l'aspect répétitive d'un certain état de panne.

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

- ✚ Chaque fois le nombre des générateurs et augmenté le nombre des états possible du système lui aussi augmente ce qui donne beaucoup plus de chance pour les états de bonne fonctionnement du système d'émerger, ce qui donne une grande marge de manœuvre pour les ingénieurs qui gère le système pour l'amener en bonne état de fonctionnement.
- ✚ Chaque configuration de la centrale électrique, et analysé avec de différents niveaux de charge maximale de consommations pour voire l'influence sur l'indice de la fiabilité LOLE.

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

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

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

## Conclusion générale

---

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

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

# *Référence Bibliographie*

# BIBLIOGRAPHIE

---

- |      |   |
|------|---|
| [1]  | Roy Billinton, Ronald N Allan "Reliability Evaluation of Power Systems", Pitman Advanced Publishing Program, 2 <sup>nd</sup> Edition Tk 1010. B55 1996.   |
| [2]  | Gasmi Khaled " Etude et Evaluation de la fiabilité de la capacité de production d'énergie électrique « Méthode de base » ", Mémoire de Fin d'Etudes En vue de l'obtention du diplôme : MASTER. Université de Biskra, juin 2012.   |
| [3]  | Laiadi Belkacem et KREKIR Mohamed Saber" compensation dynamique de l'énergie réactive dans les réseaux électriques" Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en électrotechnique. Université de Biskra, juin 2005  |
| [4]  | Olouled Arouna" Conception de l'ingénieur" mémoire de fin d'étude pour obtenir le diplôme ingénieur en électrotechnique –université de bénin 2001   |
| [5]  | Cour de production d'énergie électrique chez l'enseignant Mr : Salhi, Université de Biskra 2012.  |
| [6]  | 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.   |
| [7]  | Ben djamaa Ibrahim " Modélisation et commande d'un système De stockage photovoltaïque"<br>Mémoire de fin d'études En vue de l'obtention du diplôme magister. Université de Tlemcen : 2012   |
| [8]  | Mme Zeraïa Hassiba née Ben Yahia " Optimisation des générateurs électriques d'énergies renouvelables alimentant les systèmes de télécommunication radioélectriques" Mémoire de Fin d'Etudes En vue de l'obtention du diplôme Magister en Automatisation Des Procèdes industriels. Université de Boumerdès 2004. |
| [9]  | Hakim Aoudjit "Planification de la maintenance d'un parc de turbines alternateurs"<br>thèse présentée pour l'obtention du diplôme de doctorat philosophie doctor (génie industriel) .Université de canada .Avril 2010   |
| [10] | 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  |

**[11]** hleimet riadh Etude des fiabilités des centrales par la méthodes fréquentielle" pour obtenir le diplôme master en réseaux électrique, Université de Biskra 2013.