

Numéro
Hors Série

VOLUME
1



LES ANNALES
MAGHRÉBINES
DE L'INGÉNIEUR

ISSN: 0330-8243

Actes du 3ème Colloque Maghrébin
sur les modèles Numériques
de l'Ingénieur

Tunis, du 26 au 29 Novembre 1991

APPLICATION DE LA METHODE MARKOVIENNE POUR L'ANALYSE DE FIABILITE D'UN RESEAU ELECTRIQUE URBAIN

F. BOURDJIOUA, S. MANSOURI, D. AISSANI, M. BIROUCHE
Laboratoire de modélisation et d'optimisation des systèmes
Université de Béjaia (Algérie)

RESUME: L'objet de cette communication est d'analyser la fiabilité d'un réseau électrique urbain en se basant sur le réseau MT de la ville de Béjaia. Il s'agit en particulier de montrer que les indices de fiabilité du réseau peuvent être calculés par application de la méthode Markovienne, puis de proposer des actions en vue d'une amélioration éventuelle.

1. INTRODUCTION

La sécurité en énergie électrique est aujourd'hui l'une des préoccupations majeures de tout pays. Cependant les problèmes posés par la planification et l'exploitation des réseaux électriques sont très complexes. (voir [1]).

Le choix d'une configuration de réseau et de son équipement doit prendre en compte aussi bien les conditions techniques que les contraintes économiques [2].

Il devient aujourd'hui important d'adapter l'infrastructure de production de transmission et de distribution de l'énergie électrique aux besoins [1], notamment dans les conditions algériennes (augmentation sans cesse croissant des besoins en énergie électrique 12% par an entre 1972 et 1987, passage à l'autonomie des entreprises et à l'économie de marché) [1].

L'analyse de fiabilité d'un réseau électrique détecte les cas de défaillances entraînant une détérioration de l'état d'exploitation et détermine les mesures à prendre afin de maintenir le réseau dans un état normal.

2. PRESENTATION DU RESEAU MT DE BEJAIA (fig1)

Le réseau sur lequel porte cette étude est constitué de deux artères principales (ville1 et ville2) alimentées par deux départs C6 et C7. Quand un défaut survient sur l'une des artères, le disjoncteur de protection se déclenche et toute l'artère (où survient le défaut) est mise hors service. On procède alors à la recherche du tronçon en défaut (qu'on isolera après sa localisation), puis on effectue le basculement. On passe ensuite à la localisation du défaut sur le tronçon isolé et on procède à la réparation.

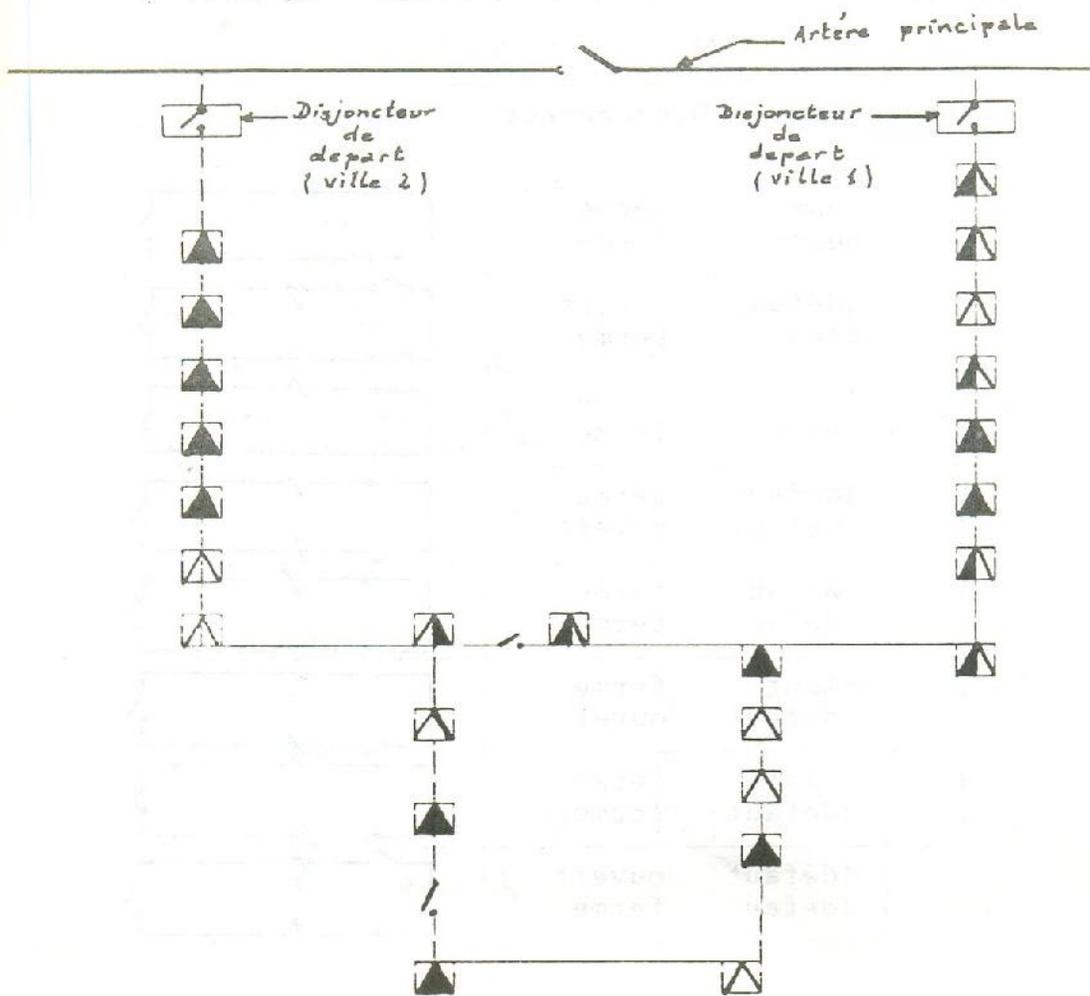


Schéma du réseau MT de Béjaïa
(fig 1)

3. ETATS DU SYSTEME ET MODELISATION

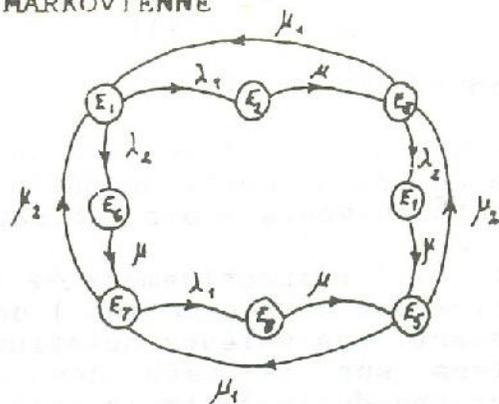
Il s'agit d'un modèle à deux départs en parallèle avec possibilité de basculement. On définit pour le système complet les huit états suivants (voir tableau page suivante).

Soient λ_i (respectivement μ_i) le taux de défaillance (respectivement de réparation) de la ville i et μ le taux de basculement. Les valeurs numériques de ces paramètres ont été calculées sur la base des données enregistrées par SONELGAZ sur une durée de trois années (voir notamment [6]).

Etat	Ville	Défaut	Disjoncteur	Boucle
E1	1 2	néant néant	fermé fermé	
E2	1 2	1 défaut néant	ouvert fermé	
E3	1 2	1 défaut néant	fermé fermé	
E4	1 2	1 défaut 1 défaut	fermé ouvert	
E5	1 2	1 défaut 1 défaut	fermé fermé	
E6	1 2	néant 1 défaut	fermé ouvert	
E7	1 2	néant 1 défaut	fermé fermé	
E8	1 2	1 défaut 1 défaut	ouvert fermé	

4. APPLICATION DE LA METHODE MARKOVIENNE

Graphe des états



Les états de non fonctionnement sont E2, E4, E5, E6 et E8.

La méthode markovienne s'applique bien à l'analyse de fiabilité d'un tel système. En effet:

- Le nombre des états est discret.
- Le passage d'un état à un autre peut avoir lieu à tout instant.
- La probabilité d'occupation d'un état ne dépend que de l'état présent.

Les probabilités d'occupation des états sont données par la solution de l'équation différentielle suivante:

$$P_i'(t) = -P_i(t) \sum_{j \neq i} f_{ij} + \sum_{j \neq i} P_j(t) f_{ji} \quad [4]$$

Où n représente le nombre d'états.

$P_i(t)$: Probabilité pour que le système occupe l'état i à l'instant t.

$\int_{i,j}(t) \cdot dt$: Probabilité de transition de l'état i à l'état j

$f_{ij}(t)$: Taux de transition de l'état i à l'état j.

Le système est donc décrit par huit équations différentielles pouvant être mises sous la forme matricielle.

$$P_i'(t) = M_t \cdot P_i(t) \quad i = 1, \dots, 8$$

$$M_t = \begin{bmatrix} -(\lambda_1 + \lambda_2) & 0 & \mu_1 & 0 & 0 & 0 & \mu_2 & 0 \\ \lambda_1 & -\mu & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \mu & -(\lambda_2 + \mu_1) & 0 & \mu_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_2 & -\mu & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mu & -(\mu_1 + \mu_2) & 0 & 0 & \mu \\ \lambda_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\mu & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \mu_1 & \mu & -(\lambda_1 + \lambda_2) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_1 & -\mu \end{bmatrix}$$

M_t est la matrice de transition

5. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

a) Probabilités stationnaires des états

Les solutions du système $P_i(t) \cdot M_t = 0$ sont les probabilités stationnaires des états.

Etat i	Probabilité stationnaire	Réseau
E1	0.71016615	en service
E2	5.13239.10E-4	hors service
E3	5.63354.10E-2	en service
E4	6.86789.10E-5	hors service
E5	0.170439	hors service
E6	8.09766.10E-6	hors service
E7	0.214891235	en service
E8	1.55273.10E-5	hors service

b) Indisponibilité \bar{D} du système

L'indisponibilité du système est la somme des probabilités d'occupation des états de non fonctionnement.

$$\begin{aligned}\bar{D} &= P_2 + P_4 + P_5 + P_6 + P_8 \\ &= 0.018646\end{aligned}$$

Remarque

L'indisponibilité \bar{D} est très proche de P_5 , nous considérons alors que:

$$P_5 = \bar{D}$$

c) Indisponibilité en fonction du temps

La variation de l'indisponibilité en fonction du temps (fig2, courbe 1) est donnée par la solution du système:

$$P_i'(t) = M_t \cdot P_i(t)$$

pour $i = 5$: par application de la méthode de RUNGE KUTTA

d) Energie non distribuée

L'énergie non distribuée peut être évaluée de la manière suivante:

$$E_n = \bar{P} \cdot tc_{\Sigma} \quad [2.6]$$

où E_n : énergie non distribuée
 tc_{Σ} : somme des temps de coupure

\bar{P} : la puissance moyenne coupée

$$tc = \bar{D} \cdot n \quad n = 355 \text{ jours}$$

$$\bar{P} = \sum P_i \quad P_i : \text{puissance par poste}$$

On trouve finalement $E_n = 570021 \text{ kWh/année}$

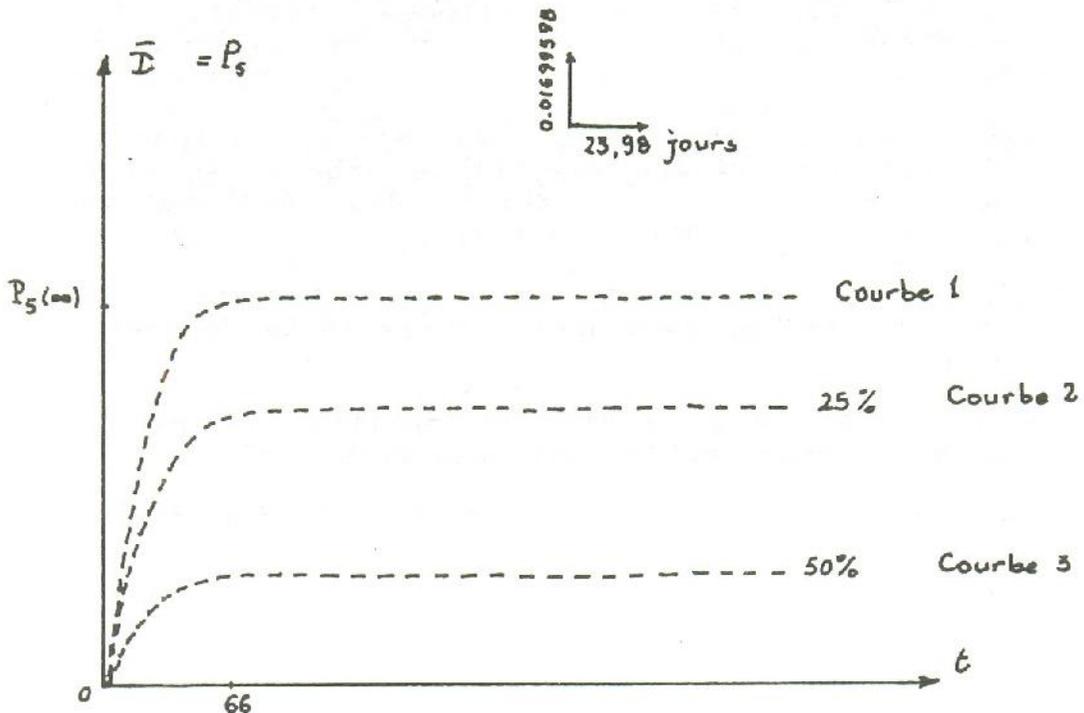
e) Action en vue d'une amélioration de la fiabilité

Les résultats précédents montrent que l'état E5 est critique pour le fonctionnement du réseau.

Comme la durée de résidence dans cette état est égale à $1/(\mu_1 + \mu_2)$ [4]

alors une augmentation du taux de réparation réduirait d'une part le temps de résidence dans cette état, d'autre part l'indisponibilité et par conséquent l'énergie non distribuée En.

Pour cela nous avons observé l'évolution de l'indisponibilité pour les temps de réparation réduits de 25% puis de 50% (fig2, courbes 2 et 3)



(fig2)

5. CONCLUSION

L'intervention rapide des services de maintenance constitue une action nécessaire pour l'amélioration de la fiabilité d'un réseau souterrain.

Les actions concrètes suggérées ci-après doivent être justifiées par une étude technico-économique faisant intervenir le coût d'investissement, le coût d'exploitation et le coût d'indisponibilité (voir [2]).

- Utilisation des indicateurs de défauts (témoins).
- Isolation semi-automatique des tronçons en défaut.
- Utilisation d'un basculement semi-automatique.

REFERENCES

- [1] Aissani D. et collaborateurs. Maintenance d'un réseau électrique urbain, accepté au salon international de la maintenance, Alger - Pins - Marititimes, 1991.
- [2] Hamache F., Avadi L., Aissani D., Haim K.D., Analyse de fiabilité en vue d'un renforcement du poste 60/30kv Sonelgaz de Béjaia. Proceeding du 1^o colloque international sur l'électrotechnique et de l'automatique, Alger (Aurassi), 1990, I.16.
- [3] Bourdjioua F., Mansouri S., Aissani D., Birouche..Analyse de fiabilité d'un réseau électrique urbain. Actes du séminaire Algéro-Français d'application des mathématiques et de l'informatique - Blida, Mai 1991.
- [4] Dinkar M., Pierre B., Neff M., Aspects modernes de la fiabilité. Les presses de l'université de Montréal, Montréal, 1974.
- [5] Billinton R., Power system reliability evaluation, Gardon and Breach. Sciences publishers, New York, 1970.
- [6] Mansouri S., Bourdjioua F., Projet de fin d'études, Béjaia, 1990.