

Stabilité transitoire d'un système électrique multimachine par la théorie des catastrophes & les TIA

A. Bahri, A. Boukadoum, S. Leulmi, B. Ayachi, N. Mezhoud

Laboratoire d'Electrotechnique de Skikda « LES »

Département d'Electrotechnique

Université du 20 Août 1955 – Skikda, Algérie

bahridoc@yahoo.fr, boukadoum2003@yahoo.fr, salah.leulmi@yahoo.fr, Ay_bilel@yahoo.fr, mezhounab@yahoo.fr

مقدمة - من بين المشاكل الهامة ، في حالة دراسة نظام طاقي معقد ، هو دراسة استقراره . هذا ناجم على التطور الهام للمنظومات خلال السنوات الأخيرة . الهدف من هذه الدراسة هو فحص و تحليل سلوك النظام في حالة ظهور اضطرابات ضعيفة ومهمة . هذه الأخيرة خست بالعديد من البحوث بطرق مختلفة و بطرق حديثة مثل التقنيات الذكية .

الهدف الأساسي لهذا البحث يرتكز على بحث مشكلة الإستقرار العابرة في نظام متعدد المكان باستعمال طريقتين مختلفتين: طريقة الكوارث و طرق التقنيات الذكية و خاصة منها الشبكات العصبونية.

تعزيز النتائج ، والتأكد من صحتها يكون بتطبيق الطرق المقترحة على شبكة مرجعية و مقارنتها بنتائج بعض المراجع الأخرى. البرمجة أو الخوارزم المستعمل يكون عن طريق الـ Matlab 6.5 .

Abstract - One of the most significant problems of the study of a complex electric power system is its stability. This is due to the significant development of the systems. To examine the behaviour of the system related to the weak or to the significant disturbances, many researchers were investigating different methods, indirect or direct & were developing, recently, new techniques such as the so-called artificial intelligent techniques.

The principal goal of our work consists in dealing with the problem of transient stability in the multimachine system by 2 different methods: Method of the catastrophes and artificial intelligent techniques, specially the artificial neuron network "ANN".

The validation of the suggested methods will be carried out by simulation based on the Matlab 6.5 software. The obtained results will be compared to certain chosen references.

Résumé - L'un des problèmes les plus importants, lors de l'étude d'un système électroénergétique complexe, est celui de sa stabilité. Ceci est dû au développement important des systèmes. L'étude et l'analyse du comportement des systèmes face à de faibles ou importantes perturbations ont été l'objet de nombreuses recherches utilisant différentes méthodes, indirectes ou directes et récemment par l'emploi de nouvelles techniques telles que les TIA, en l'occurrence les réseaux de neurones artificiels « RNA ».

Le but principal de notre travail consiste à traiter le problème de la stabilité transitoire dans les systèmes multimachines par 2 méthodes différentes, à savoir la méthode des catastrophes et celle des TIA.

La validation des 2 méthodes proposées sera effectuée par voie de simulation basée sur le logiciel MATLAB 6.5. Les résultats obtenus seront validés par comparaison avec ceux obtenus dans certaines références bien choisies.

Mots clés - Stabilité transitoire, système multimachine, théorie des catastrophes, TIA, RNA.

1. NOMENCLATURE

a - Acronymes utilisés

ANN	Artificial neuron network
BVD	Busbar voltage distribution
CT	Catastrophe theory
CC	Courant continu
CCT	Critical clearing time

cus	Critical unstable point
EP	Ecoulement de puissance
JdB	Jeu de barres
PMC	Perceptron multicouche
PPPT	Défaut triphasé-terre
N-R	Newton – Raphson
RNA	Réseau de neurones artificial
ST	Stabilité transitoire
SSE	Sum of square errors
TIA	Technique d'intelligente artificielle

b - Symboles utilisés

A_{iD}	Coefficient A_i ($i = 1, 2$) pendant le défaut
A_{iA}	Coefficient A_i ($i = 1, 2$) après le défaut
D	Amortissement
E'	F.e.m derrière sa réactance transitoire
G_{ij}	Conductance de transfert entre les JdB i et le JdB j
H	Constante d'inertie
N	Tubulure de catastrophe
O_i^k	Sortie du neurone i à l'exemple k
P	Puissance active de la machine
t_e	Temps d'élimination
W_{ij}	Poids associée à la i^{eme} entrée du neurone j
x_1, \dots, x_n	Grandeurs d'entrée du neurone de la couche d'entrée
X_d	Réactance sur l'axe d
X_q	Réactance sur l'axe q
Y_{ij}	Admittance de transfert entre les JdB i et j
Y_{red}	Matrice admittance réduite
Y_{bus}	Matrice d'admittances nodales du réseau
δ_c	Angle critique d'élimination
ε	Tolérance

2. INTRODUCTION

La théorie de catastrophe comme technique qualitative et efficace a été appliquée pour évaluer la stabilité transitoire des systèmes électroénergétiques. La théorie de catastrophe a été, au commencement, appliquée à l'étude de la stabilité équilibrée des systèmes électroénergétiques par Sallam et Dineley [1]. Il a été démontré que cette théorie visualise les points de fonctionnement des machines du système sur l'écran de visualisation, dans un manifold ayant défini les limites de la stabilité. L'endroit de ces points de fonctionnement est déterminé par les paramètres de commande qui sont calculés par des relations algébriques. Par conséquent, cette méthode d'évaluation transitoire, en ligne, de stabilité est très rapide. Mal et Mihirig ont commencé par l'application de la théorie de catastrophe, à l'évaluation de la stabilité transitoire d'une machine simple d'un système à un JdB infini. Puis, ils ont développé leur travail dans la référence [2] pour convenir au système électroénergétique multimachine en utilisant une machine équivalente du système électroénergétique [3].

Sur un autre volet, on assiste à l'emploi de nouvelles techniques dites TIA. Ces dernières sont des approches visant à émuler, dans des systèmes artificiels, les capacités des espèces vivantes pouvant identifier l'environnement et prendre les décisions adéquates en présence d'incertitudes et d'imprécisions. Les RNA, la logique floue et les algorithmes génétiques sont des techniques qui disposent, aujourd'hui, d'une théorie bien fondée et qui ont été, efficacement, utilisées dans divers domaines [4].

3. FORMULATION DU PROBLEME

Le problème de la stabilité transitoire d'un système électrique peut être formulé de la manière suivante: Etant donné un système des machines synchrones interconnectées par un réseau électrique, initialement considéré en fonctionnement stable, soumis à l'instant t_0 à une grande perturbation. Alors, les questions, qui se posent, sont :

- Existe-t-il une position d'équilibre après l'élimination de la perturbation?
- Si oui, quel est le temps critique d'élimination de cette perturbation?

L'étude de la stabilité transitoire suit les phases suivantes :

- Déterminer les conditions initiales avant perturbation.
- Etudier l'évolution du système à partir de l'instant t_0 jusqu'au temps d'élimination de la perturbation t_e .
- Etudier l'évolution du système à partir de l'instant t_e [5].

4. THEORIE DES CATASTROPHES

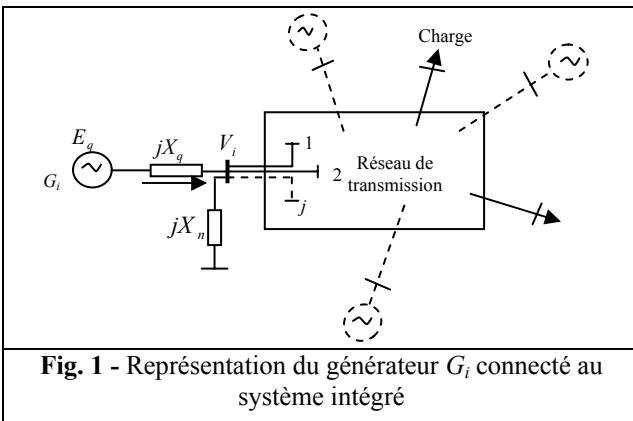
La figure 1 illustre une configuration reliant les générateurs G_i au système intégré [1].

$$P_{ei} = \text{Re} [V_i I_i^*] \quad (1)$$

$$I_i = \frac{(E_q - V_i)}{jX_q} \quad (2)$$

$$V_i = \left(\frac{-1}{Y_{ii}} \right) \sum_{j=1}^N Y_{ij} V_j \quad (3)$$

$$V_i = \frac{1}{\left(\frac{1}{jX_n} \right) + \sum_{j=1}^N \left(\frac{1}{jX_{ij}} \right)} \sum_{j=1}^N \left(\frac{V_j}{jX_{ij}} \right) \quad (4)$$



Soient e et f les composantes réelles et imaginaires de la tension V , respectivement. La substitution de l'équation (4) dans l'équation (1), donne :

$$P_{ei} = \frac{\left(\frac{1}{X_q} \right)}{\frac{1}{X_n} + \sum_{j=1}^N \left(\frac{1}{X_{ij}} \right)} \left[f_{qi} \sum_{j=1}^N \left(\frac{e_j}{X_{ij}} \right) - e_{qi} \sum_{j=1}^N \left(\frac{f_j}{X_{ij}} \right) \right] \quad (5)$$

Soient:

$$X_{eq} = \left(\frac{1}{X_q} \right) \left(\frac{1}{X_n} + \sum_{j=1}^N \frac{1}{X_{ij}} \right) \quad (6)$$

$$i_1 = \sum_{j=1}^N \frac{e_j}{X_{ij}}$$

$$i_2 = \sum_{j=1}^N \frac{f_j}{X_{ij}}$$

$$A_1 = X_{eq} E_q i_1$$

$$A_2 = X_{eq} E_q i_2$$

Puis l'équation (5) peut s'écrire sous la forme :

$$P_{ei} = A_1 \sin \delta_i - A_2 \cos \delta_i \quad (7)$$

$$\delta_i = \tan^{-1} \left(\frac{f_q}{e_q} \right)_i \quad (8)$$

Pour déterminer la puissance fournie de chaque machine, quand un défaut apparaît dans le système, les coefficients A_1 et A_2 dans l'équation (7) doivent être déterminés pour les 3 états : avant, pendant et après le défaut.

L'équation du mouvement du générateur G_i , par rapport aux axes de référence du réseau, est :

$$M_i \ddot{\delta}_i = P_{in} - P_{ei} \quad (9)$$

La multiplication de l'équation (9) par $d\delta/dt$ et après intégration, nous donne:

$$(d\delta_i/dt)^2 = \int_{\delta_0}^{\delta_n} (P_{in} - P_{ei}) d\delta \quad (10)$$

En d'autres termes, la machine est stable si l'énergie cinétique générée pendant le défaut est inférieure ou égale (totalement convertie) à l'énergie potentielle pendant la période du post défaut. Cette inégalité des 2 énergies prend place en cas d'élimination critique, c'est-à-dire :

$$F = F_{ke} + F_{pe} = 0 \quad (11)$$

Selon la théorie de catastrophe, la surface d'équilibre U d'une fonction uniforme F est donnée par :

$$U = \nabla F_c(x) = F_{ke} + F_{pe} = 0 \quad (12)$$

L'ensemble S qui est défini comme étant l'ensemble des limites de la stabilité statique, est obtenu par :

$$\nabla^2 F_c(x) = 0 \quad (13)$$

L'énergie cinétique transitoire peut être évaluée par la quantité de la réduction du rendement de puissance pendant le défaut, c'est-à-dire :

$$F_{ke} = \int_{\delta_0}^{\delta_c} (P_{in} - P_{ei}) d\delta \quad (14)$$

L'énergie potentielle après le défaut est :

$$F_{pe} = \int_{\delta_c}^{\delta_m} (P_{in} - P_{ei}) d\delta \quad (15)$$

A partir des équations (12), (14) - (15), on obtient la relation suivante :

$$(A_{1D} + A_{1A})\cos\delta_c + (A_{2A} - A_{2D})\sin\delta_c + K = 0 \quad (16)$$

$$\begin{aligned} K_1 &= A_{1D}\cos\delta_0 - A_{2D}\sin\delta_0 - P_{in}\delta_0 \\ K_2 &= -(A_{1A}\cos\delta_m + A_{2A}\sin\delta_m + P_{in}\delta_m) \end{aligned} \quad (17)$$

Remplaçons $\sin\delta_c$ et $\cos\delta_c$, par leur développement en série de Taylor. Soit $\delta_c = x$, l'équation (16) peut être écrite comme suit :

$$(A_{1D} + A_{1A})\left(1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} \dots\right) + (A_{2A} - A_{2D})\left(x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} \dots\right) + K = 0 \quad (18)$$

Si les séries de développement de Taylor dans l'équation (18) sont limitées aux termes du quatrième ordre, on obtient l'équation :

$$B_4x^4 + B_3x^3 + B_2x^2 + B_1x + B_0 = 0 \quad (19)$$

Avec :

$$\begin{aligned} B_0 &= A_{1D} + A_{1A} + K \\ B_1 &= A_{2A} - A_{2D} \\ B_2 &= -(A_{1A} + A_{1D})/2 \\ B_3 &= (A_{2D} - A_{2A})/6 \\ B_4 &= (A_{1D} + A_{1A})/24 \end{aligned} \quad (20)$$

L'équation (19) est du quatrième ordre et étroitement équivalent à l'équation (19). On peut éliminer le terme cubique par un changement de variables $x = y - \alpha$ et $\alpha = B_3/4B_4$ pour obtenir la forme :

$$y^4 + ay^2 + by + c = 0 \quad (21)$$

$$a = (6B_4\alpha^2 - 3B_3\alpha + B_2)/B_4 \quad (22)$$

$$b = (3B_3\alpha^2 - 2B_2\alpha + B_1)/B_4 - 4\alpha^3 = 8\alpha^3 \quad (23)$$

$$c = \alpha^4 + (B_0 - B_1\alpha + B_2\alpha^2 - B_3\alpha^3)/B_4 \quad (24)$$

L'équation (21) représente la fonction Swallowtail de catastrophe. Les paramètres de contrôles a et b sont une fonction de l'EP. La plus petite racine réelle positive de l'équation de Swallowtail y , qui satisfait la relation $\delta_0 < y - \alpha < \delta_m$, donne l'angle critique δ_c d'élimination, pour les machines stables dans le système. Elles peuvent être représentées par les points de fonctionnement qui se trouvent à l'intérieur de l'ensemble de bifurcation B .

Le temps critique d'élimination t_c peut être calculé en employant des approximations de Taylor de δ_c et sa dérivée $\dot{\delta}_c$, qui donne un bon résultat pour l'analyse de la première oscillation, comme suit :

$$\dot{\delta}_c = \omega_c = \gamma t_c \quad (25)$$

$$\gamma = \left(\frac{1}{M}\right)[P_{in} - P_e(t_{0+})] \quad (26)$$

γ : Accélération de la machine à l'instant d'occurrence de défaut.

$$\delta_c = \delta_0 + \frac{1}{2}\gamma t_c^2 \quad (27)$$

$$t_c = \sqrt{\frac{2}{\gamma}(\delta_c - \delta_0)} \quad (28)$$

5. METHODE DES RNA

L'application des RNA considère les étapes suivantes [6]:

a - Génération de l'apprentissage & test de forme

Dans cette étape, il est important d'obtenir un ensemble de modèles de l'apprentissage qui représente en juste proportion l'espace des conditions de fonctionnement possibles. Différentes combinaisons des conditions de fonctionnement sont produites en considérant des changements des niveaux de topologie, de demande et de génération. Des états dynamiques possibles sont produits en considérant différentes éventualités à plusieurs points dans le système. L'ensemble de l'apprentissage doit créer un espace multidimensionnel, où la frontière entre les régions stable/et instable doit être identifiée. Pendant que plus de points sont considérés, une meilleure représentation est obtenue, mais un problème combinatoire peut être créé.

b - Choix des variables d'entrée-sortie

Le choix des variables pour l'apprentissage et test d'essai peut être obtenu en utilisant des considérations pragmatiques, tirées d'une expérience et de la connaissance de fonctionnement du problème, ou par les formes statistiques, en tant que ceux utilisées dans les techniques d'identification.

Les différents états d'équilibre et les variables d'état dynamiques ont été employés comme variables d'entrée dans les études précédentes relatives à ce domaine. Par contre, les positions angulaires initiales du rotor, l'accélération initiale et l'énergie d'accélération ont été utilisées comme variables d'entrée [6]. Des angles du point d'équilibre et la marge instables d'énergie. Des données historiques des charges et les paramètres du climat ont été utilisés comme, variables de sortie.

c - Choix du RNA

Le RNA peut être classifié selon l'algorithme utilisé. Si le traitement de l'apprentissage est considéré, le RNA peut être classifié comme algorithmes de propagation

avant ou de retropropagation (arrière) « feedforward ou feedback ». Dans cette application, le réseau de propagation avant avec la connaissance est choisi.

d - Apprentissage & essais des RNA

Quand un RNA de ce type est employé, comme PMC, l'apprentissage est un processus itératif, où la somme d'erreurs carrées est réduite progressivement. La convergence est obtenue en utilisant une limite d'itérations ou en fixant une tolérance en valeur SSE. L'essai du RNA peut être fait à chaque étape itérative ou quand l'apprentissage est terminé.

6. SIMULATION & RESULTATS

a - Choix & modèle des réseaux a simulé

Le réseau électrique choisi pour cette application est un réseau à 4 générateurs et 15 JdB présenté par la figure 2 [1].

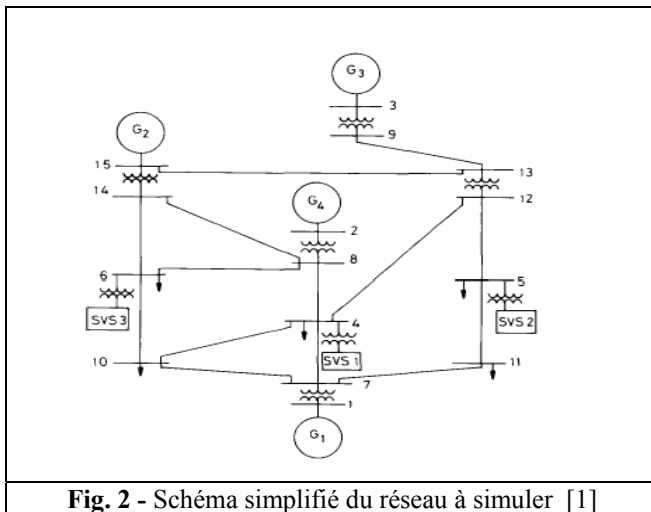


Fig. 2 - Schéma simplifié du réseau à simuler [1]

b - Résultats obtenus par la théorie des catastrophes

La stabilité transitoire du réseau est étudiée pour un défaut triphasé appliqué au JdB 15.

Les puissances des générateurs 1, 3 et 4 sont tracées à partir des paramètres calculés A_1 et A_2 avant, pendant et après le défaut. Elles sont présentées par les figures 3 - 5.

Les paramètres A_1 , A_2 obtenus et ceux de la référence [1] sont présentés par les tableaux 1 - 3.

Les paramètres de contrôle et les racines de l'équation Swallowtail sont calculés à partir des paramètres A_{1b} , A_{2b} , A_{1d} , A_{2d} , A_{1a} et A_{2a} . Ils sont présentés par le tableau 4.

L'équation Swallowtail des générateurs 1, 3 et 4 est donnée selon la forme : $z_i = y^4 + a_i y^2 + b_i y + c_i$ avec $i = 1, 3$ et 4. A partir de ces équations, on calcule les racines y_1 , y_2 , y_3 et y_4 de chaque générateur. Ces derniers sont présentés par le tableau 5.

Tab. 1 - Paramètres A_{1b} & A_{2b} avant défaut					
Calculés par catastrophe		Obtenus par [1]		Erreurs absolues	
A_1	A_2	A_1	A_2	δA_1	δA_2
0.8579	- 0.0420	1.0615	- 0.12	0.2036	0.0780
0.8706	0.0701	0.906	0.07	0.0354	0.0001
0.8955	- 0.0660	0.956	- 0.05	0.0605	0.0160

Tab. 2 - Paramètres A_{1d} & A_{2d} pendant défaut					
Calculés par catastrophe		Obtenus par [1]		Erreurs absolues	
A_{1d}	A_{2d}	A_{1d}	A_{2d}	δA_{1d}	δA_{2d}
0.8589	- 0.0007	0.756	- 0.05	0.1029	0.0493
0.8660	0.1140	0.432	0.06	0.4340	.0540
0.8976	0.0333	0.840	0.02	0.0576	0.0133

Tab. 3 - Paramètres A_{1a} & A_{2a} après défaut					
Calculés par catastrophe		Obtenus par [1]		Erreurs absolues	
A_{1a}	A_{2a}	A_{1a}	A_{2a}	δA_{1a}	δA_{2a}
0.8403	- 0.1166	1.009	- 0.26	0.1687	0.1434
0.8466	- 0.0830	0.88	- 0.08	0.0334	0.0030
0.8605	- 0.1821	0.936	- 0.13	0.0755	0.0521

Tab. 4 - Paramètres de contrôle a , b & c						
G	Calculés par catastrophe			Obtenus par [1]		
1	-12.0286	0.0026	13.427	-12.085	0.014	14.714
3	-12.0794	0.0122	14.592	-12.085	0.013	15.012
4	-12.0430	0.0049	11.736	-12.0	0.007	11.705

Tab. 5 - Racines des équations Swallowtail												
N° Gé	Calculées				Obtenues par [1]				Erreurs absolues			
	y_1	y_2	y_3	y_4	y_1	y_2	y_3	y_4	δy_1	δy_2	δy_3	δy_4
1	-3.2837	3.2840	-1.1160	1.1157	-3.273	3.272	-1.171	1.173	0.01	0.01	0.05	0.05
3	-3.2732	3.2745	-1.1675	1.1662	-3.269	3.267	-1.185	1.1865	0.00	0.00	0.01	0.01
4	-3.3124	3.3129	-1.0344	1.0339	-3.320	3.319	-1.130	1.131	0.00	0.00	0.09	0.09

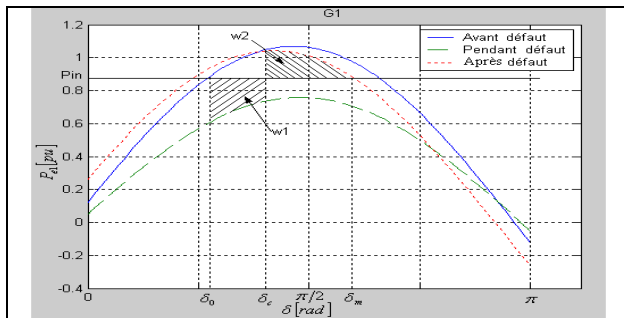


Fig. 3 - Puissances électriques du générateur 1

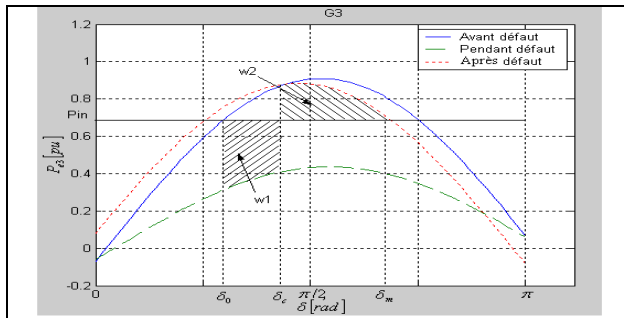


Fig. 4 - Puissances électriques du générateur 3

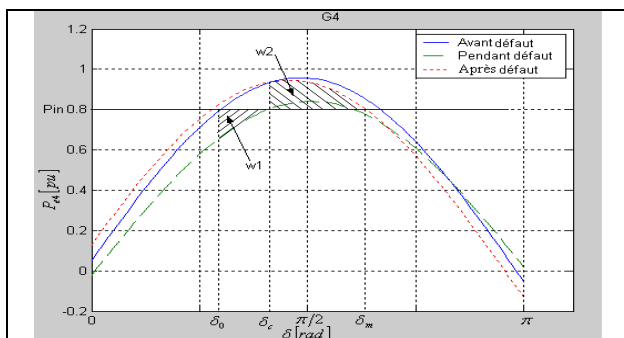


Fig. 5 - Puissances électriques du générateur 4

Choisissons la plus petite racine du tableau 5 pour calculer les angles critiques δ_c de chaque générateur selon la formule : $y - \alpha$. Ces angles sont présentés par le tableau 6. Les points de fonctionnement sont représentés par le tableau 7.

Selon le tableau 7 et la figure 6, il est trouvé que les points de fonctionnement existent dans la zone de stabilité. Ceci montre que les générateurs sont stables. Si l'un de ces points existe à l'extérieur de la zone de stabilité, le générateur qui correspond à ce point est instable.

Tab. 6 - Angles critiques en [deg] & les CCTs en [s]

Gé	Calculés par catastrophe		Obtenus par [1]		Erreurs absolues	
	δ_c	CCT	δ_c	CCT	delta δ_c	delta CCT
1	60	0.224	60.5	0.22	0.50	0.002
3	60.23	0.203	62.1	0.128	1.87	0.075
4	54.4	0.195	54.4	0.266	000	0.071

Tab. 7 - Points de fonctionnement dans l'espace des variables de contrôle b & c avec $a = -12$

Gé	Points	Obtenus par catastrophe	Obtenus par [1]	Erreurs absolues
1	k_1	(0.0026, 13.427)	(0.014, 14.714)	(0.011, 1.28)
3	l_1	(0.0122, 14.592)	(0.013, 15.012)	(0.008, 0.42)
4	m_1	(0.0049, 11.736)	(0.007, 11.705)	(0.0021, 0.031)

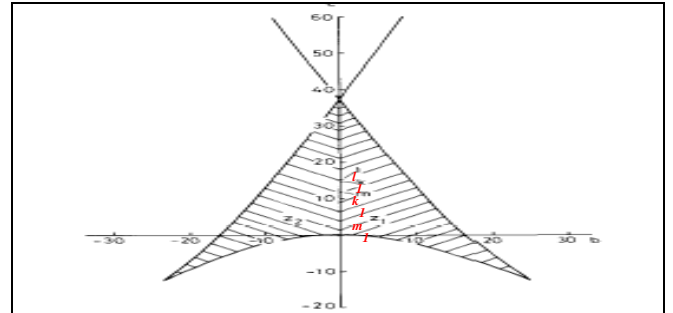


Fig. 6 - Zone de stabilité

c - Résultats obtenus par la l'application du RNA

Les tableaux 8 - 10 montres les valeurs obtenues des parties réelles A_1 et parties imaginaires A_2 pour différents états : avant, pendant et après le défaut par l'application des RNA.

Tab. 8 - Paramètres A_{1b} & A_{2b} avant défaut

A_{1b}	A_{2b}	SSE	Itération
1.0518	-0.1100	0.0002	400
0.9051	0.0701	0.0001	350
0.9516	-0.0455	0.0000	300

Tab. 9 - Paramètres A_{1d} & A_{2d} pendant défaut

A_{1d}	A_{2d}	SSE	Itération
0.7558	-0.0493	0.0000	350
0.432	0.0594	0.0000	350
0.8400	0.0200	0.0000	480

Tab. 10 - Paramètres A_{1a} & A_{2a} après défaut

A_{1a}	A_{2a}	SSE	Itération
1.009	- 0.2595	0.0000	300
0.8798	- 0.0791	0.0000	350
0.9356	- 0.1291	0.0000	350

Le tableau 11 montre les valeurs obtenues des paramètres de contrôles a , b et c par l'application des RNA.

Tab. 11 - Paramètres de contrôle a , b & c

N° Ge	a	b	c	SSE	Itération
1	-12.0745	0.0150	14.7024	0.0003	450
3	-12.0797	0.0135	15.0062	0.0001	450
4	-11.9933	0.0069	11.6990	0.0001	700

Le tableau 12 montre les valeurs obtenues des angles critiques et du CCT par l'application des RNA.

Tab. 12 - Angles critiques en [deg] & les CCTs en [s]				
N° Ge	δ_c	CCT	SSE	Itération
1	60.3583	0.2225	0.0000	300
3	61.9540	0.1286	0.0000	300
4	54.2122	0.2666	0.0000	280

Les points de fonctionnement sont représentés par le tableau 13 par l'application des RNA.

Tab. 13 - Points de fonctionnement dans l'espace des variables de contrôle b & c avec $a = -12$		
N° Gé	Points	RNA
1	k_I	(0.0150, 14.7024)
3	l_I	(0.0135, 15.0062)
4	m_I	(0.0069, 11.6990)

D'après les tableaux 8 - 13 correspondant à la méthode des RNA, on observe les différents paramètres, de notre application, sont presque égaux à ceux de la référence [1].

c - Résultats, comparaison & commentaires

Selon les tableaux 1 - 3, on a trouvé quelques erreurs de calcul des coefficients A_1 et A_2 . Ces dernières sont un peu plus grandes par rapport à ceux obtenus par la référence [1] à cause des erreurs de calcul. Ces erreurs n'influent pas beaucoup sur le calcul des points de fonctionnement dans l'espace des variables de contrôle. Ceci est remarqué dans le tableau 4. ($0 < |\varepsilon| < 1.286$).

Selon le tableau 5, les racines de l'équation Swallowtail de chaque générateur du réseau sont approximatives à celles obtenues par la même méthode de la référence [1].

Selon le tableau 6, les angles critiques du générateur 1, 3 et 4 s'approchent de ceux trouvés dans la référence [1].

Les points obtenus par la technique de catastrophe et ceux de la référence [1] existent à l'intérieur de la zone de stabilité.

Les CCT obtenus et ceux trouvés par la référence [1] sont approximatifs.

Selon les tableaux 8 - 10, on a trouvé que le calcul des coefficients A_1 et A_2 obtenus par les RNA et ceux trouvés par la référence [1] sont approximatifs.

Le tableau 11 montre les valeurs obtenues des paramètres de contrôle a , b & c par l'application de la théorie de catastrophe et des RNA.

Selon le tableau 12, les angles critiques des générateurs 1, 3 et 4 obtenus par les RNA s'approchent de ceux trouvés dans la référence [1].

Les points obtenus par les RNA existent à l'intérieur de la zone de stabilité avec une bonne précision par rapport à la théorie de catastrophe.

7. CONCLUSIONS

Dans cet article, on a présenté des détails sur les 2 méthodes de calcul sur un réseau à 4 générateurs et 15 JdB [1], dans le but de prédire si le système est stable ou non, après l'élimination d'un défaut Ainsi, la prédiction de la région de la stabilité s'établit par le calcul du CCT.

L'estimation du temps d'élimination par la théorie de catastrophe est, purement, mathématique et directe. La méthode de catastrophe se base dans son calcul sur les résultats de l'EP avant, pendant et après l'application du défaut. La théorie de catastrophe est appliquée dans cet article sur un réseau à 4 machines. Se basant sur l'équation Swallowtail qui est une transformée de l'équation de l'énergie transitoire du système, on peut évaluer la stabilité transitoire de chaque machine. Ceci est fait par la vérification si les points de fonctionnement dans le nouveau plan des variables de contrôle a , b et c , existent ou non dans la zone de stabilité générale (zone de bifurcation).

Le calcul des différents paramètres de la théorie de catastrophe (A_1 , A_2 , a , b , c , CCT et δ) en utilisant la méthode des RNA a donné une bonne évaluation.

8. REFERENCES

- [1] A. A. Sallam, "Power systems transient stability assessment using catastrophe theory", IEE Proceedings, Vol. 136, Pt. C, No. 2, Port-Said, Egypt, 1989.
- [2] M. D. Wvong, "Prediction of power system stability by catastrophe theory", University of British Columbia, Vancouver, Canada, CH 3006-4/91/0000-0974 \$1.00 IEEE, 1991.
- [3] H. Zaier, "Stabilité transitoire des systèmes multimachines par différentes techniques mathématiques", Mémoire de Magister encadré par Prof. S. Leulmi, Dpt d'ELT, Université du 20 Août 1955, Skikda, Algérie, 2006.
- [4] M. Kamel eddine Hemsas, "Développement d'un nouveau modèle de la machine asynchrone pour la commande et la surveillance", Thèse de Doctorat encadrée par Prof. S Leulmi, Dpt d'ELT, Université Ferhat Abbas, Setif, Algérie, Juin 2006.
- [5] A. Bahri " Stabilité transitoire d'un système électrique multimachine par la théorie des catastrophes & les techniques intelligentes", Mémoire de Magister, encadré par Prof. S. Leulmi, Dpt d'ELT, Université du 20 Août 1955, Skikda, Algérie, 2009.
- [6] F. Aboytes, R. Ramirez, "Transient stability assessment in longitudinal power systems using artificial neural networks", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 11, No. 4, 1996.
- [7] E.S. Gopi, "Algorithm collections for digital signal processing applications using matlab", National Institute of Technology, Tiruchi, ISBN 978-1-4020-6410-4, India, 2007.