République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Dr. YAHIA FARES de MEDEA
Faculté des sciences et de technologie
Département génie électrique

Projet de Fin d'Etudes

Pour l'Obtention du Diplôme Master II

Option : Réseaux Electrique

Thème :

Amélioration de la stabilité de tension dans les réseaux électriques de distribution

Encadré par :
Dr. BENABID Rabah
Dr. SEBAA Karim

Réalisé par :
Harkas Nabila
Sellam Rachida

Promotion 2013

Remerciment

Je tiens à remercier en premier lieu ALLAH le tout puissant de m'avoir donné courage, volonté et santé pour achever ce travail.

J'adresse mes plus vifs remerciements au Dr BENABID Rabah sa disponibilité alliées à une gentillesse incomparable, sa patience, sa serviabilité, son soutien, ses compétences et son efficacité ont fortement contribué à la réalisation et au couronnement de ce travail.

M'avoir accueillit dans son équipe.

D'autre part, je remercie Dr SBAA Karim pour m'avoir guidé comme Co-promoteur.

Sa rigueur et sa disponibilité alliées à une gentillesse incomparable, sa patience, sa serviabilité, son soutien, ses compétences et son efficacité ont fortement contribué à laréalisation et au couronnement de ce travail.

Mes sincères remerciements sont adressés à monsieur le président ainsi que les membres de jury, d'avoir accepté sans hésitation de lire, d'apprécier et de juger mon travail.

Je tiens à remercier mes parents pour l'amour, la patience le soutien et les sacrifices, qui sont la cause de ma réussite.

Nous exprimons nos remerciements à toutes personnes

Ayant contribué de prés où de loin à la réalisation de ce travail. Particulièrement Mr : Khalil Cherfi Hacene et tout leur équipement de travail

Rachida *Nabila*

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail Tout d'abord:

A mes très Cher parents pour toute l'affection , tendresse et l'attention qu`ils mont témoignes et les sacrifices qu`ils ont bien voulu me consentir pour la réussite Dans mes études.

Sans oublier, mes chers Grand mères qui m'ont cessé de m'aider par tous les moyens

Á mes frères et mes sœurs
Á mon fiancé Mohamed
Á toutes la famille Harkas
Á toutes la familles Mon binôme Sellam
Á toutes la familles FALATI
Á mes très cher amis surtout RACHIDA

Á mon professeur et promotors Dr.sebaa Karim et Dr .Benabid Rabah
Á Toutes le Département génie électrique
Á Toutes les enseignent de réseaux électriques

«Promotion 2013»

Á tous ceux qui me sont cher

HARKAS *NABILA*

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail Tout d'abord:

À mes chères parents qui m'ont aidée de leurs encouragement et touts les Puissances pour réaliser mon travail

À mes chère sœurs

À mes chers frères

Á touts (es) mes amis

À toutes les tantes et touts les oncles

Á touts (es) mes cousin

Á toute la famille sellam

Á Mon binôme Harkas Nabila

qui ont passé avec moi de bons moments surtouts : Hafidha ,Amina ,Iman ,Somia , malika ,chahira

Á mes promoteur et prof esseur Dr.sebaa Karim et Dr .Benabid Ra tous

Á Mr.Kalil Cherfi Hacene

Á Toutes le Département génie électrique

Á Toutes les enseignent de réseaux électriques

«Promotion 2013»

Á tous ceux qui me sont cher

SELLAM *RACHIDA*

Table de Matieres

Introduction générale 01
Chapitre I. Modélisation des réseaux électriques de distribution 03
I.1 Introduction 03
I.2 La théorie des graphes dans les réseaux 03
I.2.1 Graphe orienté 04
I.2.2 Modes de représentation d'un graphe 05
I.3 Numérotation des nœuds et des branches 07
I.4 Détermination des nœuds après chaque branche 09
I.4.1 Construction 09
I.4.2 Organigramme de construction 11
I.5 Modélisation 13
I.5.1 Puissance et courant dans une branche 13
I.5.2 Tension à l'origine d'un nœud 15
I.6 Test de convergence 16
I.7 Indice de la stabilité de tension pour les réseaux de distribution 17
I.8 Résultats d'écoulement de puissance 17
I.8.1 Réseau de distribution 10-nœuds 17
I.8.2 Réseau de distribution 34-nœuds 18
I.8.3 Réseau de distribution 69-nœuds 20
I.9 Conclusion 22

Chapitre II. Méthode d'optimisation par essaim de particules 23
II.1 Introduction 23
II.2 Formulation d'un problème d'optimisation mono-objectif 23
II.2.1 Minimum global 23
II.2.2 Minimum local 24
II.3. Optimisation par essaim de particules 24
II.4. Formulation du problème d'optimisation 28
II.4.1 Amélioration de la stabilité de tension 28
II.4.2 Minimisation des pertes actives 29
II.4.3 Minimisation des pertes réactives 29
II.5. Conclusion 29

Chapitre III. Application et résultats de simulation 30
III.1 Introduction 30
III.2 Emplacement optimal des condensateurs de compensation 30
III.2.1 Réseau 10-nœuds 30
III.2.2 Réseau 34-nœuds 33
III.2.3 Réseau 69-nœuds 37
III.3 Conclusion 42
44

Conclusion générale
Bibliographie 46

Liste Des Figures

Figure I.1	Deux représentations graphiques d'un même graphe	04
Figure I.2	Un graphe orienté	04
Figure I.3	Codage d'une liste de successeurs	05
Figure I.4	Schéma de numérotation des nœuds et des branches	08
Figure I.5	Organigramme de détermination des nœuds après chaque branche	12
Figure I.6	Schéma équivalent unifilaire de la $i^{ième}$ branche (Compensée)	13
Figure I.7	ligne de distribution	17
Figure I.8	Schéma unifilaire réseau 10 nœuds	17
Figure I.9	Schéma unifilaire réseau IEEE 34 nœuds	18
Figure I.10	Schéma unifilaire réseau 69 nœuds	20
Figure II.1	Illustration des différents minima d'une fonction objective	24
Figure II.2	Principe de déplacement d'un point de recherche par PSO	26
Figure II.3	Organigramme général de PSO	28
Figure III.1	Caractéristique de convergence du PSO	31
Figure III.2	Caractéristique de convergence du PSO	32
Figure III.3	Caractéristique de convergence du PSO	33
Figure III.4	Caractéristique de convergence du PSO	34
Figure III.5	Caractéristique de convergence du PSO	35
Figure III.6	Caractéristique de convergence du PSO	36
Figure III.7	Caractéristique de convergence du PSO	37
Figure III.8	Caractéristique de convergence du PSO	39
Figure III.9	Caractéristique de convergence du PSO	41

Liste Des Tableaux

Tableau I.1	Liste des successeurs	5
Tableau I.2	Liste prédécesseurs	5
Tableau I.3	Matrice de connectivité de la ligne	8
Tableau I.4	Résultats de l'écoulement de puissance	18
Tableau I.5	Résultats de l'écoulement de puissance du réseau 34 nœuds	19
Tableau I.6	Résultats de l'écoulement de puissance du réseau 69 nœuds	20
Tableau III.1	Paramètres du PSO	30
Tableau III.2	Emplacement optimal des condensateurs pour améliorer la stabilité de tension	31
Tableau III.3	Emplacement optimal des condensateurs pour minimiser les pertes actives	32
Tableau III.4	Emplacement optimal des condensateurs pour minimiser les pertes réactives	33
Tableau III.5	Emplacement optimal des condensateurs pour améliorer la stabilité de tension	34
Tableau III.6	Emplacement optimal des condensateurs pour minimiser les pertes actives	35
Tableau III.7	Emplacement optimal des condensateurs pour minimiser les pertes réactives	36
Tableau III.8	Emplacement optimal des condensateurs pour améliorer la stabilité de tension	38
Tableau III.9	Emplacement optimal des condensateurs pour minimiser les pertes actives	39
Tableau III.10	Emplacement optimal des condensateurs pour minimiser les pertes réactives	41

ملخص

في هذا العمل تم تدريس من قبل مشكلة التخصيص الأمثل للمكثفات الهدف هو تعظيم لاستقرار التيار الكهربائي ، والتقليل إلى أدنى حد من الخسائر الفاعلة والمتفاعلة، والمشكلة هي واحدة الأمثل، هدف واحد تم لستخدام الأمثل سرب الجسيمات القائمة على (جهاز الأمن السياسي) وتطبيقها على عدة نماذج من للشبكة الكهربائية، أي شبكة من 10 عقدة و 34 عقدة و 69 عقدة، نتائج واعدة

Résumé

Dans ce travail, non avons étudié le problème d'installation optimale des condensateurs dans le réseau de distribution. Trois fonctions objectives sont considérées dans cette étude à savoir : la maximisation de la stabilité de tension, la minimisation des pertes actives et réactives. Comme le problème est un problème d'optimisation mono-objective, l'optimisation à base d'essaim de particules (PSO) a été utilisée et appliquée à plusieurs modèles de réseau électrique, à savoir 10-nœuds, 34-nœuds et 69-nœuds. Les résultats obtenus dans ce travail, sont prometteurs.

Abstract

In this work we are studied the problem of optimal placement of capacitors in distribution power system. Three objective functions are considered namely: maximization of voltage stability, minimization of active and reactive losses. As the problem is formulated as a mono-objective optimization problem the particle swarm (PSO) has been used and applied to several power system tests, namely: 10-bus, 34-bus, and 69-bus. The obtained results in this work are very promising.

INTRODUCTION GENERALE

cette étude à savoir : la minimisation des pertes actives, la minimisation des pertes réactives, et l'amélioration de la stabilité de tension.

Introduction générale

Le développement économique, social et industriel dans la société actuelle a contribué à une augmentation de la consommation de l'énergie électrique, qui a pour conséquence, un accroissement de puissances à générer, à transporter et à distribuer. Par conséquent, les réseaux d'énergie électrique deviennent de plus en plus grands et compliqués, d'où l'intérêt permanent de chercher les moyens adéquats afin de les exploiter efficacement et économiquement.

Dans les grands réseaux d'énergie électrique, une répartition efficace de la puissance réactive est nécessaire pour maintenir la tension dans les limites acceptables de fonctionnement et pour contrôler les pertes de transmission. Le but principal de la planification de l'énergie réactive est la détermination du volume et la localisation optimale des moyens de compensation à installer pour assurer un fonctionnement sûr et économique.

Dans ce travail, nous allons traiter le problème d'emplacement optimal des compensateurs dans les réseaux électriques de distribution. Ce problème est formulé commettant un problème d'optimisation mono-objective. Trois fonctions objectives sont choisies pour définir le but à atteindre par cette optimisation : amélioration de la stabilité de tension, minimisation des pertes actives et minimisation des pertes réactives.

Le présent travail est organisé comme suit :

Dans le premier chapitre, nous présentons le principe de l'algorithme d'écoulement de puissance dans les réseaux de distribution. Cet algorithme est testé sur trois réseaux différents à savoir : 10-nœuds, 34-nœuds, et 69-nœuds.

Le deuxième chapitre sera consacré à la présentation des principes de l'optimisation. Dans ce cadre, nous avons focalisé notre présentation sur la méthode d'essaim de particules. En plus, La formulation de problème d'emplacement optimal des batteries de compensation dans les réseaux électrique et aussi ainsi présentée.

Le troisième chapitre, sera alloué à l'application et aux résultats de la simulation. Le problème d'emplacement optimal des compensateurs est formulé comme étant un problème d'optimisation mono-objectif. Les variables de contrôle de ce problème d'optimisation sont l'emplacement et la taille des condensateurs. Trois fonctions objectives sont considérées dans

CHAPITRE I

Modélisation des réseaux électrique de distribution

I.9 Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté l'algorithme d'écoulement de puissance dans les réseaux de distribution. En plus, nous avons décrit un indice d'évaluation de la stabilité de tension dans les réseaux électriques de distribution. L'algorithme d'écoulement de puissance a été testé sur trois réseaux de distribution différents. Les résultats obtenus montrent que cet algorithme converge normalement pour trois réseaux de taille différente.

17	0.9881	0.0024
18	0.9880	0.0024
19	0.9879	0.0025
20	0.9878	0.0025
21	0.9878	0.0025
22	0.9877	0.0025
23	0.9877	0.0025
24	0.9877	0.0025
25	0.9876	0.0025
26	0.9876	0.0025
27	1.0000	0.0000
28	1.0000	0.0000
29	0.9999	0.0000
30	0.9999	0.0000
21	0.9999	0.0000
32	0.9998	0.0000
33	0.9998	0.0001
34	0.9997	0.0001
35	1.0000	0.0000
36	0.9999	0.0000
37	0.9999	-0.0001
38	0.9999	-0.0001
39	0.9997	-0.0001
40	0.9996	-0.0001
41	0.9996	-0.0002
42	0.9995	-0.0002
43	0.9995	-0.0002
44	0.9995	-0.0002
45	0.9995	-0.0002
46	0.9999	0.0000
47	0.9996	-0.0003
48	0.9984	-0.0010
49	0.9982	-0.0011
50	0.9938	0.0008
51	0.9938	0.0008
52	0.9927	0.0010
53	0.9917	0.0011
54	0.9904	0.0013
55	0.9891	0.0016
56	0.9824	0.0037
57	0.9791	0.0048
58	0.9778	0.0052
59	0.9763	0.0057
60	0.9741	0.0061
61	0.9740	0.0061
62	0.9738	0.0061
63	0.9731	0.0063
64	0.9727	0.0063
65	0.9727	0.0063
66	0.9727	0.0063
67	0.9726	0.0064
68	0.9726	0.0064
Perte active kW	64.7459	
Perte réactive KVAR	29.3845	
Indice de stabilité	0.9458	

I.8.3 Réseaux 69 nœuds

Le schéma unifilaire du réseau 64 nœuds est présenté dans la figure I.10. Les résultats d'écoulement de puissance sont illustrés dans le tableau I.6. D'après ce tableau, nous pouvons conclure que l'algorithme d'écoulement de puissance converge avec succès.

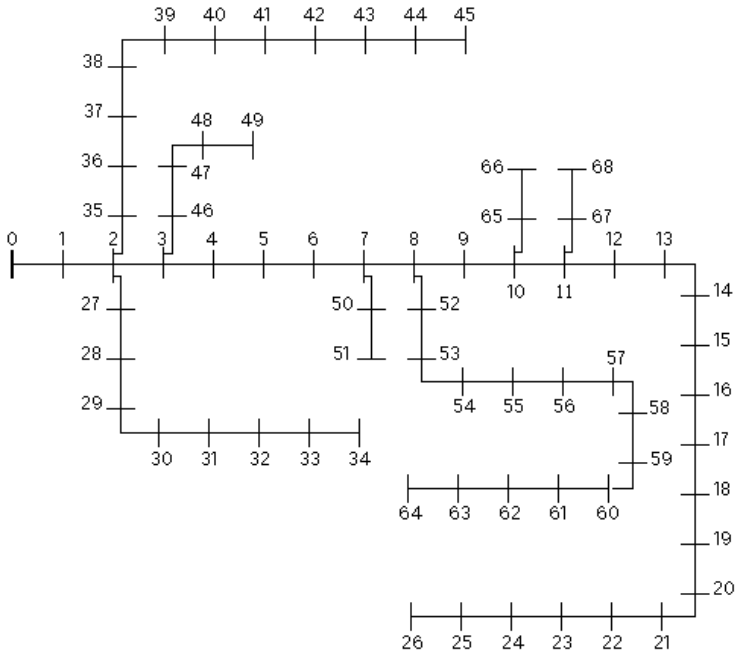


Figure I.10. Schéma unifilaire réseau 69 nœuds [11].

Tableau I.6 : Résultats de l'écoulement de puissance du réseau 69 nœuds.

Nœud (N°)	***Sans compensation***	
	V(pu)	φ (rad)
00	1.0000	0
01	1.0000	0.0000
02	1.0000	0.0000
03	1.0000	0.0000
04	0.9997	-0.0001
05	0.9971	0.0003
06	0.9945	0.0007
07	0.9938	0.0008
08	0.9935	0.0009
09	0.9922	0.0012
10	0.9919	0.0013
11	0.9911	0.0016
12	0.9902	0.0018
13	0.9894	0.0020
14	0.9886	0.0023
15	0.9884	0.0023
16	0.9881	0.0024

Tableau I.5: Résultats de l'écoulement de puissance du réseau 34 nœuds.

Nœud (N°)	Sans compensation	
	V(pu)	φ (rad)
00	1000	0
01	0.9987	0.0002
02	0.9975	0.0005
03	0.9959	0.0010
04	0.9945	0.0014
05	0.9931	0.0018
06	0.9905	0.0030
07	0.9887	0.0038
08	0.9862	0.0048
09	0.9847	0.0055
10	0.9837	0.0060
11	0.9830	0.0063
12	0.9819	0.0068
13	0.9805	0.0074
14	0.9799	0.0077
15	0.9796	0.0078
16	0.9784	0.0082
17	0.9774	0.0085
18	0.9763	0.0090
19	0.9754	0.0093
20	0.9745	0.0096
21	0.9736	0.0101
22	0.9727	0.0105
23	0.9718	0.0109
24	0.9714	0.0111
25	0.9711	0.0112
26	0.9710	0.0113
27	0.9709	0.0113
28	0.9707	0.0114
29	0.9706	0.0114
30	0.9706	0.0115
31	0.9705	0.0115
32	0.9704	0.0115
33	0.9704	0.0115
Pertes actives kW	120.3198	
Pertes réactives kVAR	27.30900	
Indice de la stabilité de tension	0.9417	

Tableau I.4 : Résultats de l'écoulement de puissance.

Nœud (N°)	Sans compensation	
	V(pu)	φ (rad)
00	1	0
01	0.9942	-0.0097
02	0.9907	-0.023
03	0.9703	-0.0444
04	0.9565	-0.0523
05	0.9303	-0.0762
06	0.9221	-0.0853
07	0.9065	-0.0975
08	0.8809	-0.1182
09	0.8632	-0.1337
Pertes actives kW	742.6059	
Pertes réactives kVAR	984.0347 kVAR	
Indice de la stabilité de tension	0.7034	

I.8.2 Réseaux de 34 nœuds

Le schéma unifilaire du réseau 34 nœuds est présenté dans la figure I.9. Les résultats d'écoulement de puissance sont illustrés dans le tableau I.5. D'après ce tableau, nous pouvons conclure que l'algorithme d'écoulement de puissance converge avec succès.

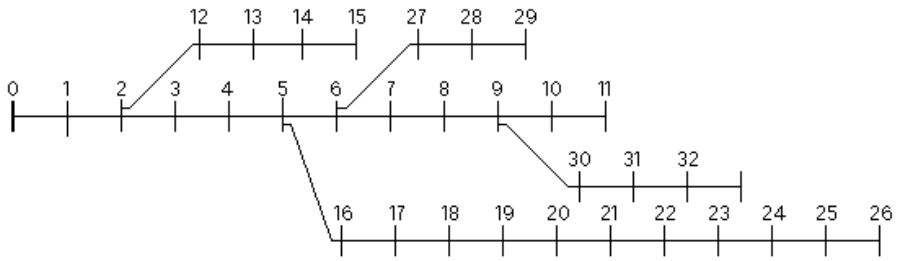


Figure I.9. Schéma unifilaire réseau IEEE 34 nœuds [11].

Le test de convergence retenu pour le calcul de l'écoulement de charge est la distance du maximum *(I.13)*. Les vecteurs $\vec{X}$ *et* $\vec{Y}$ sont respectivement les vecteurs tensions des différents jeux de barres de la ligne à deux itérations successives.

I.7 Indice de la stabilité de tension pour les réseaux de distribution

Dans ce mémoire la stabilité de tension dans les réseaux de distribution est évaluée en utilisant l'indice proposé dans [13]. Pour la ligne présentée dans al figure 1.7, l'indice de stabilité de tension SI au nœud j est calculé comme suit :

$$SI_j = V_i^2 - 4\left(P_{ij}R_{ij} + Q_{ij}X_{ij}\right) \qquad \textbf{(I.14)}$$

Pour un fonctionnement stable cet indice de la stabilité de tension pour tous les nœuds doit être supérieur à zéro.

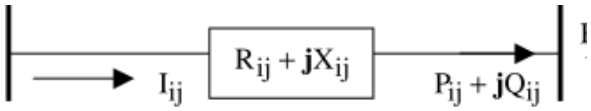


Figure I.7: ligne de distribution

I.8 Résultats d'écoulement de puissance

Dans cette section, nous avons testé le programme d'écoulement de puissance sur trois réseaux de distribution différents.

I.8.1 Réseau de distribution 10-nœuds

Le schéma unifilaire du réseau 10 nœuds est présenté dans la figure I.8. Les résultats d'écoulement de puissance sont illustrés dans le tableau I.4. D'après ces résultats nous pouvons remarquer que l'algorithme que l'algorithme d'écoulement de puissance converge vers les résultats illustré dans le tableau I.4.

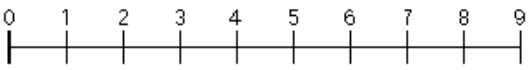


Figure I.8: Schéma unifilaire réseau 10 nœuds [11]

Sachant que le nœud source de la ligne *(nœud zéro dans notre système de numération)* est pris comme nœud de référence alors, les composantes *d* et *q* de la tension du nœud récepteur de la branche *1* de la ligne sont données par :

$$\begin{cases} Vd(RE(i)) = 1 - r(RE(i))Fd(RE(i)) - X(RE(i))Fq(RE(i)) \\ Vq(RE(i)) = -X(RE(i))Fd(RE(i)) + r(RE(i))Fq(RE(i)) \end{cases} \quad \textbf{(I.9)}$$

La valeur efficace de la tension du nœud récepteur de la $i^{éme}$ branche et sa phase à l'origine son alors obtenues par :

$$\begin{cases} V(RE(i)) = \sqrt{Vd(RE(i))^2 + Vq(RE(i))^2} \\ \varphi(RE(i)) = tg^{-1}\dfrac{Vq(RE(i))}{Vd(RE(i))} \end{cases} \quad \textbf{(I.10)}$$

I.6 Test de convergence

Pour estimer la proximité entre deux vecteurs, on utilise la métrique de « *Minkowski* » qui possède les propriétés d'une distance. Cette métrique fournit un indice permettant l'appréciation de l'écart entre deux vecteurs $\vec{X}$ $et\vec{Y}$. *La* métrique de « *Minkowski* » est définie par [12] :

$$d(x,y) = \left[\sum_{j=1}^{n}\left|X_j - Y_j\right|^r\right]^{\frac{1}{r}} \qquad \text{Avec } r \geq 1 \quad \textbf{(I.12)}$$

Où *n* est la dimension des vecteurs $\vec{X}$ $et\vec{Y}$.

Les distances les plus fréquemment utilisées sont en fonction de la valeur de « *r* » :

- La distance « *Euclidienne* » qui s'obtient pour une valeur de *r = 2*, est définie par :

$$d(x,y) = \left[\sum_{j=1}^{n}\left|X_j - Y_j\right|^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

- La distance de « *Manhattan* » obtenue pour *r = 1*, s'exprime par :

$$d(x,y) = \left[\sum_{j=1}^{n}\left|X_j - Y_j\right|\right]$$

- La distance du maximum où « *r* » tend vers l'infini, admet l'expression suivante :

$$d(x,y) = \max_{1\leq j\leq n}\left|X_j - Y_j\right| \quad \textbf{(I.13)}$$

Si la tension complexe au nœud source de la branche « i » est :

$$\overline{V}(SE_i) = V(SE_i)\cdot\left[\cos\left(\varphi(SE_i)\right) + j\sin\left(\varphi(SE_i)\right)\right]$$

L'équation (I.6) peut être réécrite d'après :

$$\overline{F_i} = \frac{Pl_i \cos(\varphi(SE_i)) + Ql_i \sin(\varphi(SE_i))}{V(SE_i)} - j\frac{Ql_i \cos(\varphi(SE_i)) - Pl_i \sin(\varphi(SE_i))}{V(SE_i)}$$

La décomposition de cette expression selon les axes d et q donnes :

$$\begin{cases} Fd_i = \dfrac{Pl_i \cos(\varphi(SE_i)) + Ql_i(\varphi(SE_i))}{V(SE_i)} \\ Fq_i = \dfrac{Ql_i \cos(\varphi(SE_i)) - Pl_i \sin(\varphi(SE_i))}{V(SE_i)} \end{cases} \quad \textbf{(I.7)}$$

Où :

- $V(SE(i))$: est la tension du nœud source de la branche « i ».
- $\varphi(SE(i))$: la phase à l'origine de la tension au nœud source de la branche « i ».

I.5.2 Tension à l'origine d'un nœud

Au regard du schéma de numérotation adopté *(Figure I.4)* et pour une branche donnée « *i* », l'expression complexe de la tension du nœud récepteur de cette dernière est [9], [10], [11] :

$$\overline{V}(RE(i)) = \overline{V}(SE(i)) - \left[r(RE(i)) + jX(RE(i))\right]\cdot\left[Fd(RE(i)) - jFq(RE(i))\right]$$

Dont la décomposition selon les axes *d* et *q* donnes :

$$\begin{cases} Vd(RE(i)) = Vd(SE(i)) - r(RE(i))Fd(RE(i)) - X(RE(i))Fq(RE(i)) \\ Vq(RE(i)) = Vq(SE(i)) - X(RE(i))Fd(RE(i)) + r(RE(i))Fq(RE(i)) \end{cases} \quad \textbf{(I.8)}$$

- P_i : est la puissance active à la fin de la branche « i ». Elle est égale a la somme des puissances actives de toutes les charges des nœuds qui suivent la branche « i » (nœud i compris) plus la somme des pertes de puissance active dans les branches qui suivent la branche « i » (branche i non comprise).
- Q_i : est la puissance réactive à la fin de la branche « i ». Elle est égale à la somme des puissances réactives de toutes les charges des nœuds qui suivent la branche « i » (nœud i compris) plus la somme des pertes de puissance réactive dans les branches qui suivent la branche « i » (branche i non comprise).
- ploss_K et qloss_K : sont respectivement les pertes de puissance active et réactive dans la $k^{éme}$ branche.
- ri et Xi : sont la résistance et la réactance de la branche « i ».
- Vi : est la tension au nœud « i ».

Les pertes des puissances active et réactive dans la $i^{éme}$ branche sont données par :

$$\begin{cases} ploss_i = \dfrac{P_i^2 + Q_i^2}{V_i^2} r_i \\ qloss_i = \dfrac{P_i^2 + Q_i^2}{V_i^2} X_i \end{cases} \quad \textbf{(I.4)}$$

Les puissances actives et réactives transitant par la branche « i » juste à la sortie de son nœud source sont :

$$\begin{cases} Pl_i = P_i + ploss_i \\ Ql_i = Q_i + qloss_i \end{cases} \quad \textbf{(I.5)}$$

Le courant de branche est défini dans notre cas, comme étant égal à la valeur conjuguée du rapport de la puissance apparente en début de la branche « i » à la tension du nœud source de cette dernière. En fonction des puissances actives et réactives à l'extrémité de la branche « i », nous obtenons pour ce courant l'expression [8]:

$$\overline{F_i} = \frac{Pl_i - jQl_i}{\overline{V}^*(SE_i)} \quad \textbf{(I.6)}$$

I.5. Modélisation

I.5.1 Puissance et courant dans une branche

L'écoulement de charge dans les lignes radiales ayant ou non des ramifications, peut être résolu itérativement moyennant deux ensembles d'équations récurrentes. Le premier ensemble d'équations, permet la détermination des puissances transitant dans chacune des branches de la ligne ainsi que les courants qui les traversent. Ces puissances et ces courants sont obtenus en balayant la ligne en montée *(backward sweep)*. Le second ensemble d'équations, permet de déduire les tensions aux différents jeux de barres ainsi que leurs phases à l'origine en balayant la ligne en descente *(forward sweep)* [7].

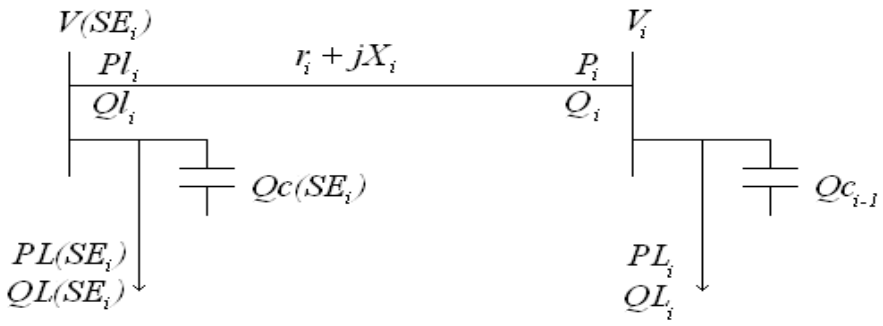


Figure I.6: Schéma équivalent unifilaire de la $i^{éme}$ branche (Compensée).

A partir du schéma unifilaire de la branche « i » (Figure I.6), nous pouvant écrire que :

$$\begin{cases} P_i = \sum_{k=BR(i,M(i))}^{BR(i,1)} P_{Lk} + \sum_{k=BR(i,M(i))}^{BR(i,2)} ploss_k \\ Q_i = \sum_{k=BR(i,M(i))}^{BR(i,1)} Q_{Lk} + \sum_{k=BR(i,M(i))}^{BR(i,2)} qloss_k - \sum_{k=BR(i,M(i))}^{BR(i,1)} Q_{ck} \end{cases} \quad \textbf{(I.3)}$$

Où :

- M (i) : est le nombre totale des nœuds à la suite de la branche « i ».
- BR (i, k) ; $1 \le k \le M(i)$: l'ensemble des nœuds après la branche « i ».
- P_{Lk} et Q_{Lk} : sont respectivement la puissance active et réactive de la charge au nœud « k ».

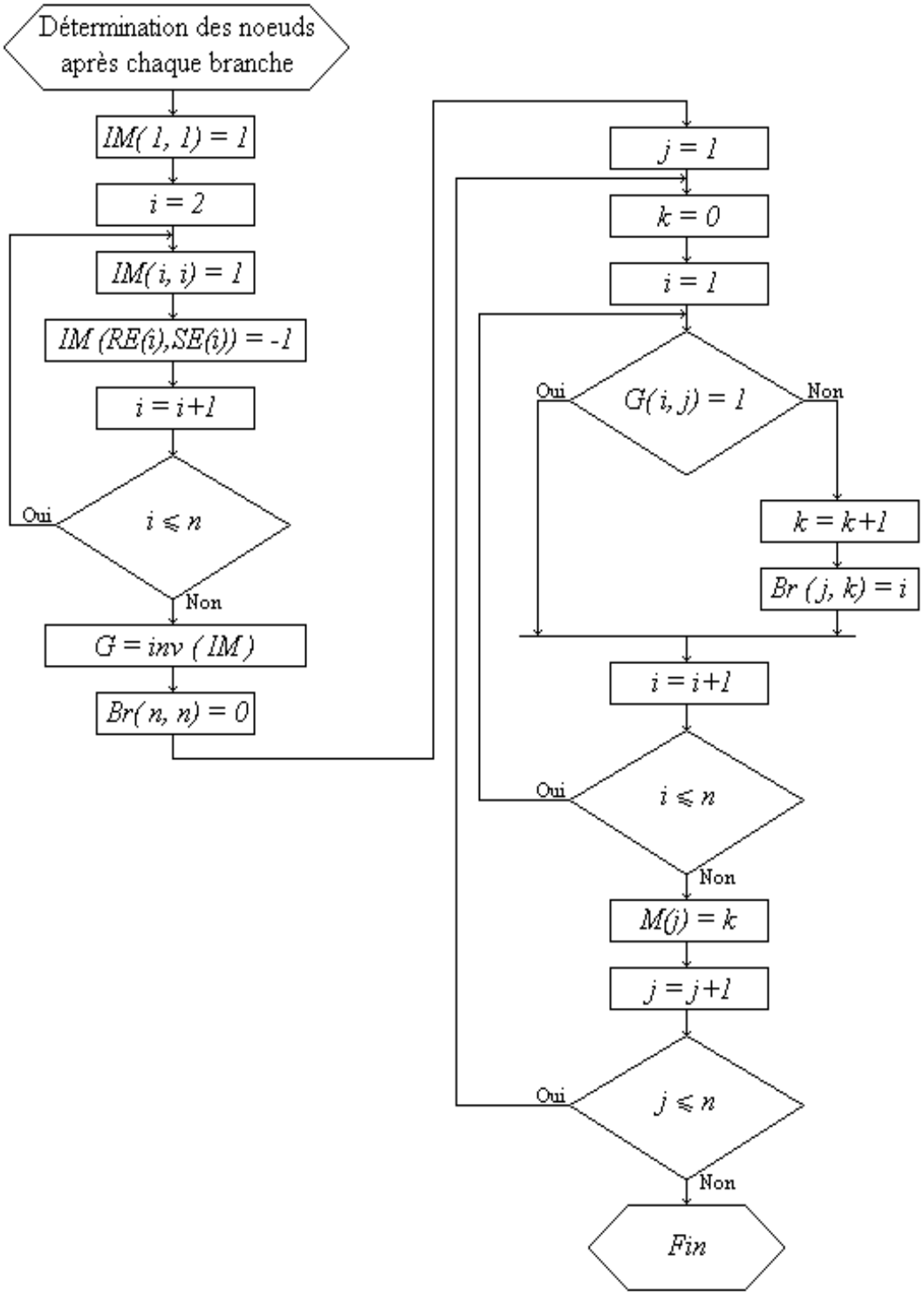


Figure I.5 : Organigramme de détermination des nœuds après chaque branche

$$M = [8 \quad 7 \quad 4 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad 2 \quad 1]$$

Les branches *4, 6,* et *8 (élément 4, 6 et 8 de M)* sont des branches terminales, alors que la branche *3 (élément 3 du vecteur M)* par exemple, a *4* nœuds qui la suivent. Ces nœuds sont donnés par la matrice « *BR* » dans la ligne *3* qui corresponde à la branche *3*.

En résumé, le vecteur « *M* » nous indique le nombre total des nœuds après chaque branche et la matrice « *BR* » le numéro de chacun d'eux.

I.4.2 Organigramme de construction

En partant du fait que le nombre total des nœuds « *n* » de la ligne aussi bien que sa matrice de connectivité c'est-à-dire, les ensembles des nœuds sources « *SE* » et récepteurs « *RE* » sont introduits auparavant dans le programme global, l'Organigramme détaillé de construction de la matrice « *BR* » et la déduction du nombre total de nœuds après chaque branche est représenté par la *Figure I.5*.

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Pour la branche 1 *(colonne 1)* les nœuds qui la suivent, son toutes les lignes de la matrice «*G*» qui on une valeur non-nulle *(1, 2, …8)*. Pour la troisième branche *(colonne 3)*, les lignes ayant une valeur non-nulle sont *3, 4, 7* et *8* ce qui veut dire qu'après la branche *3* on trouve les nœuds *3, 4, 7* et *8*.

Nouvelle matrice d'incidence

Sur la base de la matrice «*G*» et après ce qu'on vient de dire, on peut construire la matrice «*BR*» dont les linges indiquent les numéros des branches et ses éléments indiquent les nœuds après chaque branche. Pour la ligne de l'exemple *Figure I.4*, la construction de «*BR*» donne :

$$BR = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 0 \\ 3 & 4 & 7 & 8 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 7 & 8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Cette matrice permet de réduire le nombre d'opérations nécessaires pour la détermination des nœuds après chaque branche et limite ainsi le calcul des puissances qui y transitent aux seuls nœuds qui les suivent. Le temps requis pour arriver à la solution du problème de l'écoulement de charge est donc réduit [7].

Le nombre total de nœuds après chaque branche « *i* » noté «*M (i)*», est alors égal au nombre d'éléments non nuls de «*BR*».

Une valeur de «*M (i)*» égale à 1, signifie que la branche ou *(nœud)* est une branche ou *(nœud)* terminale. Le vecteur « *M* » pour notre exemple de la *Figure I.4* est donc :

I.4. Détermination des nœuds après chaque branche

I.4.1. Construction

Matrice d'incidence

Pour déterminer les nœuds après chaque branche, on doit en premier construire la matrice d'incidence *branches à nœuds*. Dans cette matrice que nous notons «*IM*», les numéros des lignes sont les identificateurs des branches et ceux des colonnes, les identificateurs des nœuds. Les éléments de «*IM*», sont définis comme il suit [6]-[7] :

$$IM = \begin{cases} \text{-1 si } j \text{ est le nœud source de la branche } i. \\ \text{+1 si } j \text{ est le nœud récepteur de la branche } i. \\ 0 \text{ autrement.} \end{cases}$$

La matrice d'incidence de la ligne *Figure I.4*, est la suivante :

$$IM = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

De cette matrice d'incidence, on déduit la matrice d'incidence nœuds à branches «*G*» par simple inversion de «*IM*» [2]. Dans la matrice «*G*», les numéros des lignes sont les identificateurs des nœuds et ceux des colonnes, les identificateurs des branches. Pour l'exemple de la *Figure I.4*, la matrice d'incidence *nœuds à branches* «*G*» est :

nœuds, auront des numéros suivant celui du dernier nœud de la ligne principale *(de 5 à 6 comme le montre la Figure I.4)*. De la même manière, les nœuds de la branche latérale suivante *(branche latérale sortant du nœud 3 de la Figure I.4)* sont numérotés à la suite du dernier nœud de la précédente branche latérale *(nœuds 7 et 8 de la Figure I.4)* et ainsi de suite jusqu'à la dernière branche latérale de la ligne considérer. Quand aux branches, on leur attribuera les mêmes que ceux de leurs nœuds récepteurs.

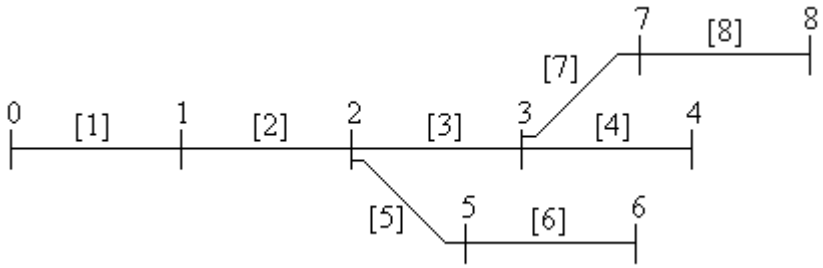


Figure I.4: Schéma de numérotation des nœuds et des branches**.**

La matrice de connectivité de la *(Figure. I.4)* est donnée par le *(Tableau I.3)* qui suit :

Tableau I.3: Matrice de connectivité de la ligne.

Branches	***SE (i)***	***RE (i)***
1	0	1
2	1	2
3	2	3
4	3	4
5	4	5
6	5	6
7	6	7
8	7	8

Pour une branche *« i »* donnée, *SE (i)* est son nœud source et *RE (i)*, son nœud récepteur.

Considérons un graphe orienté sans boucle *G = (N, B)* comportant *m* sommets $n_1, \ldots, n_m$ et k arêtes $b_1, \ldots, b_k$. On appelle matrice d'incidence *(aux arcs)* de *G* la matrice *M = (m_{ij})* de dimension $m \times k$ telle que :

$$m_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{Si } n_i \text{ est l'extrémité initiale de } b_i \\ -1 & \text{Si } n_i \text{ est l'extrémité terminale de } b_i \\ 0 & \text{Si } n_i \text{ n'est pas une extrémité de } b_i \end{cases}$$

Pour un graphe non orienté sans boucle, la matrice d'incidence *(aux arêtes)* est définie par :

$$m_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{Si } n_i \text{ est une extrémité de } b_j \\ 0 & \text{Sinon} \end{cases}$$

La matrice d'incidence du graphe de la *(Figure I.2)* s'écrit sous la forme suivante :

$$U = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

I.3 Numérotation des nœuds et des branches

Le schéma de numérotation des nœuds et des branches est très pratique et contribue à faciliter la reconnaissance de la configuration de la ligne [1], [2], [3], [4], [5]. Pour plus de détail on considère l'exemple de la ligne radiale avec ramification illustrée dans la *(Figure I.4).*

En premier lieu, le nœud source est noté nœud *zéro*. On commence ensuite par numéroter les nœuds de la ligne principale. Au nœud juste après le nœud source, on donne le numéro 1 et ainsi de suite jusqu'au dernier nœud de la ligne principale *(noeud 4)*. Apres quoi, les nœuds de la ligne principale sont scrutés pour savoir si des branches latérales en sortent. La ramification qui part du nœud le plus proche du nœud source est numérotée en premier. Ses

Cette représentation est un peu redondante dans le cas des graphes non orientés, elle est cependant assez commode pour parcourir le graphe. L'encombrement de cette représentation est minimal puisqu'il correspond exactement à la quantité d'information fournie par le graphe.

I.2.2.2 Matrice d'adjacence

Les outils classiques d'algèbre linéaire peuvent également être utilisés pour coder les graphes. La première idée consiste à considérer chaque arc comme un lien entre deux sommets. Considérons un graphe G = (N, B) comportant m sommets. La matrice d'adjacence de G est égale à la matrice U = (u_{ij}) de dimension $m \times m$ telle que :

$$u_{ij} = \begin{cases} 1 & si \rightarrow (i, j) \in B \\ 0 & si \rightarrow non \end{cases}$$

(ie : (*i* , *j*) est une arête)

Une telle matrice, ne contenant que des "0" et des "1" est appelée de manière générale, une matrice booléenne.

Un graphe orienté quelconque a une matrice d'adjacence quelconque, alors qu'un graphe non orienté possède une matrice d'adjacence symétrique. L'absence de boucle se traduit par une diagonale nulle. La matrice d'adjacence du graphe de la (Figure I.2) est la suivante :

$$U = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Ce mode de représentation engendre des matrices très creuses *(comprenant beaucoup de zéros).*

I.2.2.3 Matrice d'incidence

La seconde idée permettant une représentation matricielle d'un graphe exploite la relation d'incidence entre arêtes et sommets.

I.2.2 Modes de représentation d'un graphe

L'essor de la théorie des graphes est essentiellement dû à l'avènement de puissants calculateurs. Il est donc légitime de s'intéresser à la manière de représenter les graphes au sein d'un ordinateur. Plusieurs modes de représentation peuvent être envisagés selon la nature des traitements que l'on souhaite appliquer au graphe considéré.

I.2.2.1 Listes de succession

Un graphe peut être représentée à l'aide d'un dictionnaire, il s'agit d'une table à simple entrée ou chaque ligne correspond à un sommet et comporte la liste des successeurs ou des prédécesseurs de ce sommet. Considérons le graphe de la *(Figure I.2)*. Celui-ci peut être représenté par les deux tables suivantes :

Tableau I.1 : Liste des successeurs.

1	2, 3, 4, 5
2	3
3	4
4	-
5	1, 4

Tableau I.2 : Liste prédécesseurs**.**

1	5
2	1
3	1, 2
4	1,3,5
5	1

Dans la mesure où, pour une table donnée, le nombre de successeurs ou de prédécesseurs n'est pas le même pour chaque sommet, il est préférable de représenter le dictionnaire sous forme de deux tableaux : le premier comprenant autant d'éléments que de sommets, ces éléments pointant dans un second tableau les débuts de listes de successeurs *(ou de prédécesseurs)*. La *(Figure I.3)* montre cette organisation en ce qui concerne la table des successeurs.

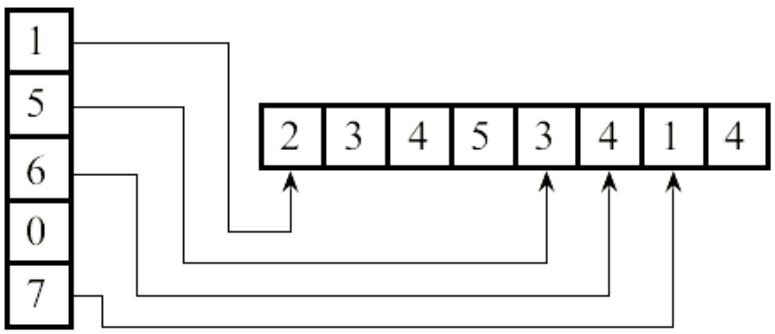


Figure I.3 *:* Codage d'une liste de successeurs.

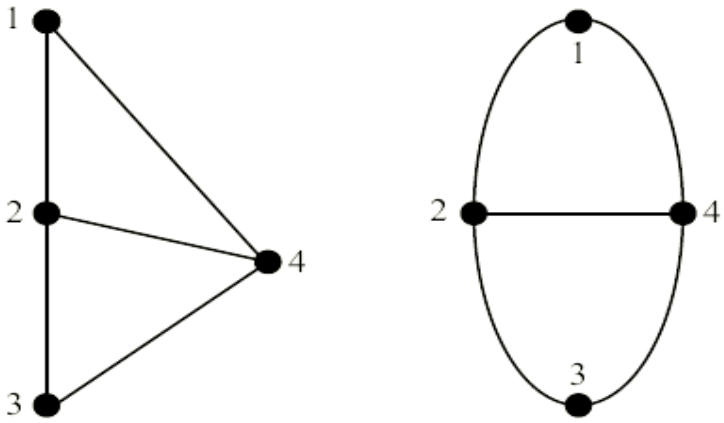


Figure I.1 : Deux représentations graphiques d'un même graphe.

Les graphes ainsi définis sont dits *''graphes non orientés''*. Dans certaines situations cependant, l'orientation des arêtes est importante.

I.2.1 Graphe orienté

On appelle graphe orienté ou digraphe G = (N, B) la donnée d'un ensemble N dont les éléments sont appelées sommets (nœuds) et d'une partie B de n × n dont les éléments sont appelés arcs ou arêtes (branches).

En présence d'un arc b = (i, j) qui peut être noté simplement b_{ij}, on dit que i est l'origine (extrémité initiale) et j l'extrémité (ou extrémité terminale) de b, que b est sortant en i et incident en j, et que j est un successeur de i tandis que i est un prédécesseur de j. On dit aussi que i et j sont adjacents.

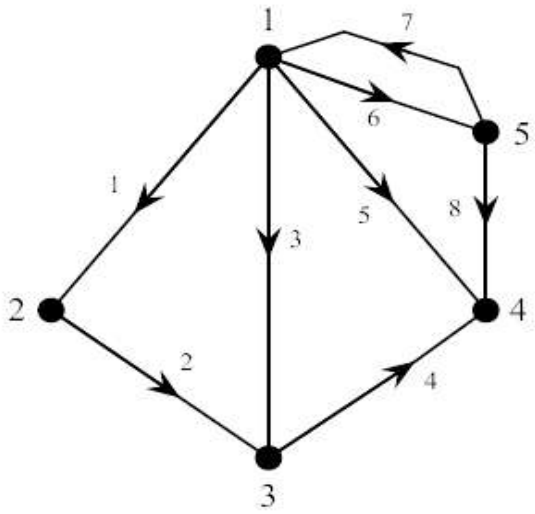


Figure I.2 *:* Un graphe orienté.

Chapitre I.

Modélisation des réseaux électriques de distribution

I.1 Introduction

L'étude de l'écoulement de charge *(load flow)* permet d'avoir la solution des grandeurs d'un réseau électrique en fonctionnement normal équilibré en régime permanent. Ces grandeurs sont les tensions aux nœuds, les puissances injectées aux nœuds et celles qui transitent dans les lignes. Les pertes et les courants sont déduits. Les études de l'écoulement de puissance permettent donc de planifier la construction et l'extension des réseaux électriques ainsi que la conduite et le contrôle de ces réseaux.

I.2 La théorie des graphes dans les réseaux

On appelle réseau de transport ou de distribution un graphe orienté antisymétrique : G = (N, B), sans boucle et dans lequel il existe :

- Un nœuds ou sommet n_1 sans prédécesseur nommé entrée ou source du réseau.
- Un sommet n_k sans successeur nommé sortie ou puits du réseau.

On dit qu'un graphe est sans boucle si B ne contient pas d'arête ou branche de la forme b= (i, i), c'est-à-dire joignant un sommet à lui-même.

Graphiquement, les sommets n_i peuvent être représentés par des points et les arêtes b = (i, j) par un trait reliant i à j. On notera que la disposition des points et la longueur ou la forme (rectiligne ou incurvée) des traits n'a aucune importance. Seule l'incidence des différentes arêtes et sommets compte. A titre d'exemple, les deux graphes de la (Figure I.1) sont identiques.

CHAPITRE II

Méthode d'optimisation par essaim de particules

II.4.2 Amélioration de la stabilité de tension

Le but de cette fonction objective est de trouver l'emplacement optimal des batteries de compensation qui minimise les pertes actives dans le réseau. Cette fonction objective peut être formulée comme suit :

$$f_2=\min(\text{pertes actives}) \quad \text{(II.5)}$$

II.4.2 Amélioration de la stabilité de tension

Le but de cette fonction objective est de trouver l'emplacement optimal des batteries de compensation qui minimise les pertes réactive dans le réseau. Cette fonction objective peut être formulée comme suit :

$$f_3=\min(\text{pertes réactives}) \quad \text{(II.6)}$$

II.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté une brève introduction sur les principes d'optimisation, dont on a vu la formulation générale d'un problème d'optimisation et aussi les notions de l'optimum global et l'optimum local. Par la suite nous avons concentré notre étude sur la méthode d'optimisation par essaim de particules. On a vu que la méthode PSO converge vers l'optimum global, grâce à l'intelligence collective. Finalement, on a présenté la formulation du problème d'emplacement optimal des batteries de compensation dans les réseaux de distribution commettant un problème d'optimisation mono-objective. Trois fonctions ont été choisies pour définir ce problème d'optimisation à savoir : l'amélioration de la stabilité de tension, la minimisation des pertes actives et aussi la minimisation des pertes réactives.

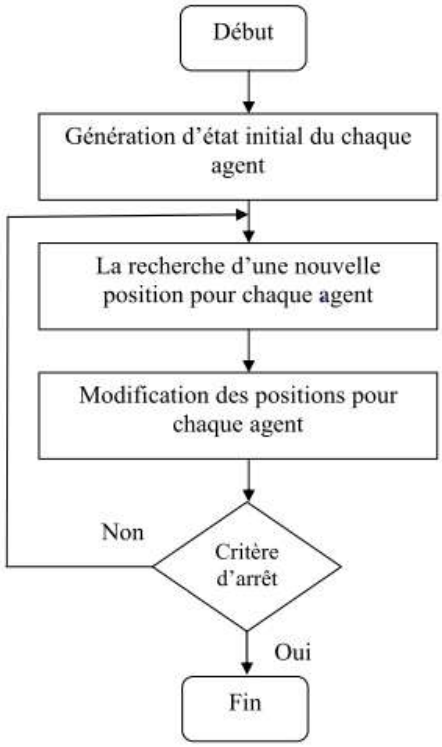


Figure II.3 Organigramme général de PSO.

II.4. Formulation du problème d'optimisation

Dans ce travail, nous avons formulé le problème d'emplacement optimal des batteries de compensation dans les réseaux de distribution commettant un problème d'optimisation mono-objectif. Les variables de décision de ce problème d'optimisation est l'emplacement anis que la taille de ces compensateurs. Trois fonctions objectives sont considérées dans cette étude à savoir : l'amélioration de la stabilité de tension, la minimisation des pertes actives et aussi la minimisation des pertes réactives. Le détail de ces fonctions objectives est présenté ci-dessous.

II.4.1 Amélioration de la stabilité de tension

Le but de cette fonction objective est de trouver l'emplacement optimal des batteries de compensation qui donne la meilleure stabilité de tension, c.à.d. il faut maximiser la valeur minimal de l'indice de la stabilité de tension SI. Cette fonction objective peut être formulée comme suit :

$$f_1=\max\{\min(SI)\} \quad \text{(II.4)}$$

L'organigramme général du PSO.est présenté selon la procédure illustrée par la figure II.3 [20, 21].

Etape 1 : Génération d'un état initial de chaque particule.

Les points du recherche initiaux, position (s_i^0) et vitesse (V_i^0) du chaque particule son habituellement générés aléatoirement dans l'espace de recherche. Le point de recherche courant est placé à best pour chaque agent.la meilleure valeur évaluée de *gbest* est placée à *gbest*.

Etape2 : recherche d'une nouvelle position pour chaque agent

La valeur de la fonction objective calculée pour chacun des agents. Si la valeur d'un agent est meilleure que son peste courant, *gbest* prend cette nouvelle valeur. Si la meilleure valeur de *gbest* est meilleure que *gbest* courant, *gbest* est remplacé par celle-ci et l'agent qui correspond à cette valeur est ainsi stocké.

Etape3 : Modification de chaque point de recherche

Le point de recherche courant du chaque agent est changé en utilisant les équations (II.3) ,(II.4) et (II.5).

Etape4 : vérification de l'état de sortie

Le nombre courant d'itération atteint le nombre maximum d'itération $Iter_{max}$, alors fin du programme, autrement, retourner à l'étape2.

- c_j: Facteurs de pondération,
- *rand:* Nombre aléatoire entre 0 et1,
- s_i^k: Position actuelle d'agent *i* à l'itération *k*,
- $pbest_i$: Meilleure position trouvée par la particule *i* jusqu'ici,
- *gbest* : Meilleure position trouvée par l'essaim jusqu'ici.

La fonction de pondération *w* est donnée par l'équation suivante [20]

$$w = w_{max} - \frac{w_{max} - w_{min}}{iter_{max}} \times iter \qquad \text{(II.5)}$$

Tel que :

- W_{max} : poids initial,
- Wmin : poids final,
- Iter max : Nombre d'itérations maximum.
- Iter : Itération courante.

La fonction de pondération *w* joue un rôle important dans la procédure de recherche. Elle garantit un équilibre entre la recherche locale et la recherche globale, un bon choix de cette fonction augmente l'efficacité de la méthode pour avoir une solution globale.

L'expérience a montré que la diminution linéarité de la valeur de *w* de 0.9 à 0.4 au cours de la procédure de recherche donne des meilleurs résultats.

La figure II.2 présente le principe de déplacement des particules dans l'espace de recherche à chaque itération. Chaque particule change sa position actuelle via l'intégration de trois vecteurs *gbest*, vgbest et v.

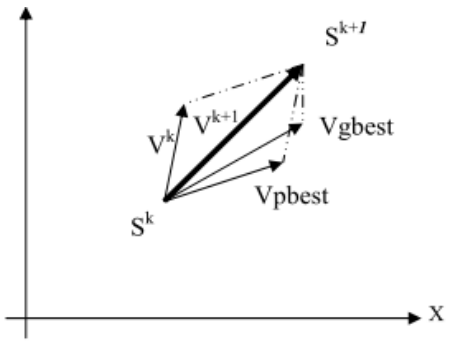


Figure II.2 principe de déplacement d'un point de recherche par PSO.

un Essaim regroupe plusieurs particules (individus). Chaque particule prend sa décision en utilisant sa propre expérience et les expériences de leur voisinage [16], [17].

A la différence des algorithmes génétiques, qui miment les mécanismes génétiques de l'évolution, PSO est inspiré du comportement social des nuées d'oiseaux et des bancs de poissons qui ont tendance à imiter les comportements réussis qu'ils observent dans leurs entourage, tout en y apportant leurs variations personnelles [18] ,[19] Comme les algorithmes génétiques, PSO démarre le processus d'optimisation par une population des solutions aléatoires qui se déplacent dans l'espace de recherche.

La position de chaque particule est représentée par ses coordonnées suivant les deux axes XY et également par sa vitesse qui est exprimée par *V*x (la vitesse suivant l'axe x) et *V*y (la vitesse suivant l'axe x).

Le déplacement de chaque particule dans l'espace de recherche, est basé sur sa position actuelle et la mise à jour de sa vitesse.

$$S_i^{k+1} = s_i^k + v_i^{k+1} \quad \text{(II.3)}$$

Tel que :

- s_I^{k+1}, s_i^k : Position de la particule *i* à l'itération *k+1* et *k* respectivement.
- v_i^{k+1}: Vitesse de la particule i à l'itération *k+1*.

Chaque particule dans l'essaim, change sa vitesse suivant deux informations essentielles. Une, est liée à son expérience personnelle, qui est la meilleure position trouvée par la particule durant le processus de recherche *pbest*. La deuxième information, concernant la meilleure position trouvée par les voisins *lbest*, ou par tout l'essaim, dans la version globale de l'algorithme *gbest*. Cette information est obtenue à partir de la connaissance de la façon dont les autres agents ont exécuté leurs recherches.

Le principe de changement de la vitesse est défini par l'équation (II.4).

$$v_i^{k+1} = wv_i^k + c_1 rand_1 \times \left(pbest_i - s_i^k\right) + c_2 rand_2 \times (gbest - s_i^k) \quad \text{(II.4)}$$

D'où :

- v_i^k: Vitesse de l'agent *i* a l'itération *k*,
- *w :* Fonction de pondération,

$$\forall x \in \Omega: f(x^*) \leq f(x) \quad \text{(II.1)}$$

Tel que :

- x^* : l'optimum global;
- F : la fonction objective;
- Ω : La région faisable ($\Omega \subset s$) ;
- s : l'espace de recherche global.

*Le minimum glo*bal est illustré par le point M_3dans la Figure II.1.

II.2.2 Minimum local

Un point x^* est un minimum local de la fonction f si et seulement si :

$$f(x^*) \prec f(x), \forall x \in V(x^*) \text{ et } x^* \neq x \quad \text{(II.2)}$$

D'où $V(x^*)$ définit un voisinage de x^* .

Deux minimums locaux sont illustrés dans la figure II.8 sont les points $M1$ et $M2$.

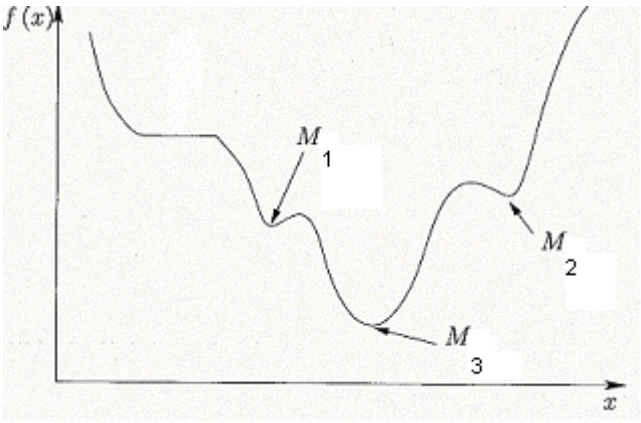


Figure II.1. Illustration des différents minima d'une fonction objective.

II.3. Optimisation par essaim de particules

Kennedy et Eberhart [14], proposent en 1995 une nouvelle méthode d'optimisation nommé Optimisation par Essaim de Particule PSO, (en anglais : Particules Swarm Optimization). PSO est une méthode d'optimisation stochastique basée sur une population de particules [15] ;

Chapitre II.

Méthode d'optimisation par essaim de particules

II.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter les principes de base de l'optimisation mono-objective. Par la suite, une description détaillée de la méthode d'optimisation par essaim de particules (PSO) est présentée. Cette méthode a connu un grand succès dans plusieurs domaines de recherche et de l'engineering, en plus elle est caractérisée par sa simplicité et son efficacité. Cette méthode sera utilisée par la suite pour l'emplacement optimal de batteries de condensateurs dans les réseaux de distribution. La formulation de problème d'emplacement optimal des batteries de compensation dans les réseaux électrique et aussi ainsi présentée.

II.2 Formulation d'un problème d'optimisation mono-objectif

Un problème d'optimisation mono-objectif est généralement présenté sous la forme suivante :

Minimiser $f(\vec{x})$ (fonction à optimiser)

- Sujet de :

$\vec{g}(\vec{x}) \leq 0$ (*m* contraintes d'inégalité)

$\vec{h}(\vec{x})=0$ (*p* contraintes d'égalité)

Avec $\vec{x} \in R^n$, $\vec{g}(\vec{x}) \in R^m$,$\vec{h}(\vec{x}) \in R^p$

Les vecteurs $\vec{g}(\vec{x})$ et $\vec{h}(\vec{x})$ représentent respectivement *m* contraintes d'inégalité et *p* contraintes d'égalité.

II.2.1. Minimum global

On a la fonction $f : \Omega \subset R^n \longrightarrow R$, tel que $\Omega \neq \emptyset$. Pour $x^* \in \Omega$, on dit que x^* et un optimum global si et seulement si :

CHAPITRE III

Application

de compensation dans les réseaux électriques fait améliorer les performances des réseaux c.à.d. améliorer la stabilité de tension, et minimiser les pertes actives et réactives.

34	0
35	0
36	0
37	0
38	42.7456
39	0
40	0
41	0.0543
42	0
43	35.5935
44	22.7479
45	0
46	0
47	55.3819
48	276.5839
49	271.6849
50	64.7003
51	0
52	36.5339
53	0
54	0
55	7.2333
56	0
57	0
58	25.3638
59	0
60	1000
61	0
62	0
63	140.4307
64	63.8078
65	1.5178
66	0
67	0
68	44.3468
Pertes réactives avec compensation (kVAR)	19.3214
Pertes réactives sans compensation (kVAR)	29.3845

III.3 Conclusion

Nous avons vu dans ce chapitre la résolution du problème d'emplacement optimal des batteries de compensation dans les réseaux électriques en utilisant la méthode PSO. Le problème a été formulé comme étant un problème d'optimisation mono-objectif. Les variables de contrôle de ce problème d'optimisation sont l'emplacement et la taille des condensateurs. Trois fonctions objectives sont considérées dans cette étude à savoir : la minimisation des pertes actives, la minimisation des pertes réactives, et l'amélioration de la stabilité de tension. Les résultats obtenus montrent l'efficacité et la capacité de la méthode PSO à résoudre le problème d'emplacement optimal des batteries de compensation. Cette méthode a été testée sur trois réseaux de distribution des tailles différentes dont elle converge dans environ cent itérations. D'après ces résultats, nous avons conclue que l'installation optimale des batteries

tableau III.10. D'après ce tableau, il est clair que les pertes réactives sont diminuées de 29.3845KVAr dans le cas sans compensation au 19.3214KVAr dans le cas avec compensation. Dans ce cas, nous avons obtenu une diminution des pertes réactives de 10,0631kVAr.

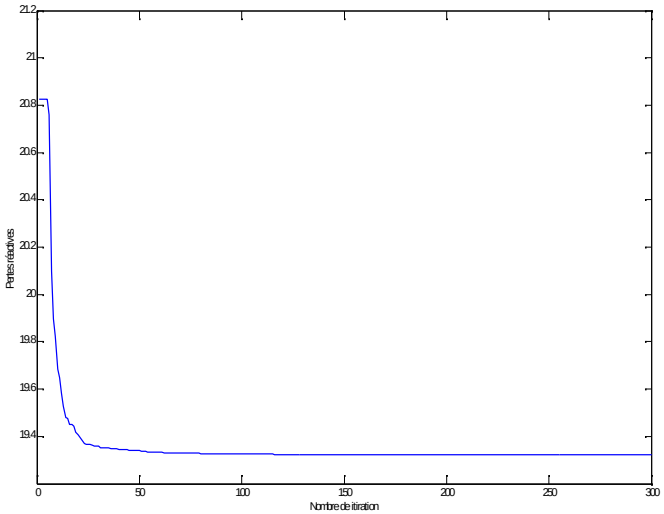


Figure III.9: Caractéristique de convergence du PSO.

Tableau III.10 : Emplacement optimal des condensateurs pour minimiser les pertes réactives.

Nœuds(N°)	Q(Mvar)
00	0
01	0
02	0
03	0
04	0
05	1.9
06	48.5628
07	0
08	0
09	0
10	122.2363
11	111.5693
12	0
13	0
14	0
15	32.5707
16	70.3255
17	0
18	0
19	128.7538
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0
25	0
26	0
27	7.47
28	12.923
29	8.6122
30	0
31	0
32	0
33	21.0352

14	58.4213
15	0
16	0
17	33.7166
18	0
19	0
20	0
21	112.0173
22	0
23	0
24	0
25	28.9862
26	0
27	0
28	0
29	0
30	31.7069
31	0
32	0
33	0
34	0
35	0.006
36	0
37	0
38	0
39	0
40	0.1107
41	0
42	0
43	0
44	61.4906
45	0
46	0
47	0
48	562.2971
49	0
50	0
51	0
52	19.2539
53	0
54	0
55	0
56	22.4369
57	0
58	0
59	24.6209
60	938.7931
61	0.5835
62	152.3818
63	0
64	0
65	1.1101
66	0
67	131.8813
68	0
Pertes actives avec compensation (kW)	42.6028
Pertes actives sans compensation (kW)	64.7459

D) Pertes réactives

La figure III.9, présente la caractéristique de convergence de la méthode PSO dans le cas d'optimisation des pertes réactives. D'après cette figure, nous remarquons que la méthode converge dans environ 110 itérations. Les résultats d'optimisation sont présentés dans le

66	0
67	0
68	1000
Stabilité de tension avec compensation	0.9827
Stabilité de tension sans compensation	0.9458

C) Pertes actives

La figure III.8, illustre la caractéristique de convergence de la méthode PSO dans le cas d'optimisation des pertes actives. D'après cette figure, nous remarquons que la méthode converge dans environ 140 itérations. Les résultats d'optimisation sont présentés dans le tableau III.9. D'après ce tableau, nous observons clairement que les pertes dans le cas avec compensation (42.6028kW) sont inferieures à la valeur sans compensation (64.7459kW). Donc, nous concluons, que l'installation des batteries de compensation fait diminuer les pertes actives avec une valeur de 22,1431 kW.

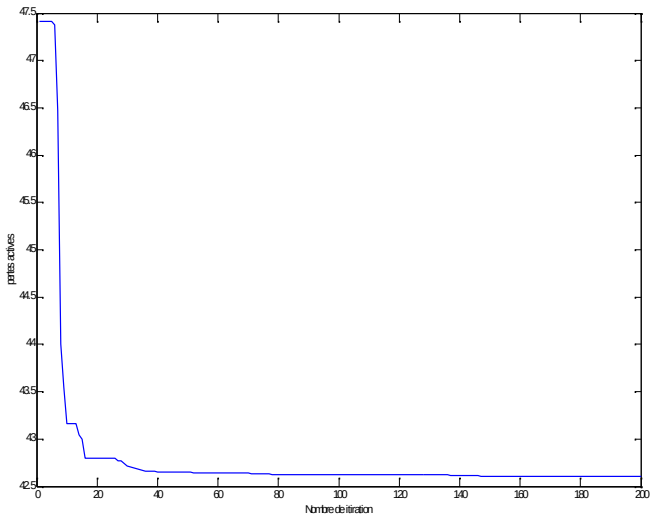


Figure III.8: Caractéristique de convergence du PSO.

Tableau III.9 : Emplacement optimal des condensateurs pour minimiser les pertes actives.

Nœuds (N°)	Q(Mvars)
00	0
01	0
02	0
03	0
04	31.6293
05	0
06	0
07	0
08	145.4134
09	0
10	116.693
11	109.6441
12	0
13	0

Tableau III.8 : Emplacement optimal des condensateurs pour améliorer la stabilité de tension.

Nœud(N°)	Q(Mvars)
00	0
01	1000
02	0
03	40.4355
04	0
05	0
06	0
07	0
08	0
09	0
10	4.3945
11	0
12	1000
13	0
14	0
15	82.654
16	0.0171
17	526.7395
18	366.4263
19	0
20	0
21	1000
22	0
23	475.7215
24	13.2335
25	1000
26	1000
27	0
28	0
29	570.2367
30	188.8967
31	139.0957
32	243.8167
33	0
34	86.825
35	0
36	153.8217
37	117.6136
38	149.3551
39	180.2211
40	0
41	0
42	0
43	227.0248
44	0
45	0
46	1000
47	416.4496
48	0
49	58.2611
50	0
51	0
52	1000
53	1000
54	55.6289
55	1000
56	0
57	0
58	0
59	426.3084
60	65.0657
61	0
62	79.696
63	354.138
64	1.0566
65	0

11	0
12	143.5177
13	0.0855
14	43.71
15	3.4864
16	193.9249
17	220.8325
18	8.7915
19	61.2194
20	359.9127
21	12.9733
22	196.6413
23	98.3135
24	187.4007
25	130.1005
26	145.7837
27	0.0346
28	0
29	108.5718
30	17.9504
31	97.7631
32	35.7265
33	0.8996
Pertes réactives (kVAR)	19.3763
Pertes réactives (kVAR)	27.3090

III.2.3 Réseau 69-nœuds

A) Stabilité de tension

La figure III.7, illustre la caractéristique de convergence de la méthode PSO dans le cas d'optimisation de la stabilité de tension. D'après cette figure, nous remarquons que la méthode converge dans environ 40 itérations. Les résultats d'optimisation sont présentés dans le tableau III.8. D'après ce tableau, il est clair que la valeur de l'indice de la stabilité de tension s'améliore après l'insertion de batteries de condensation, sa valeur passe de 0.9458vers 0.9827 justifiant l'amélioration de la stabilité de tension.

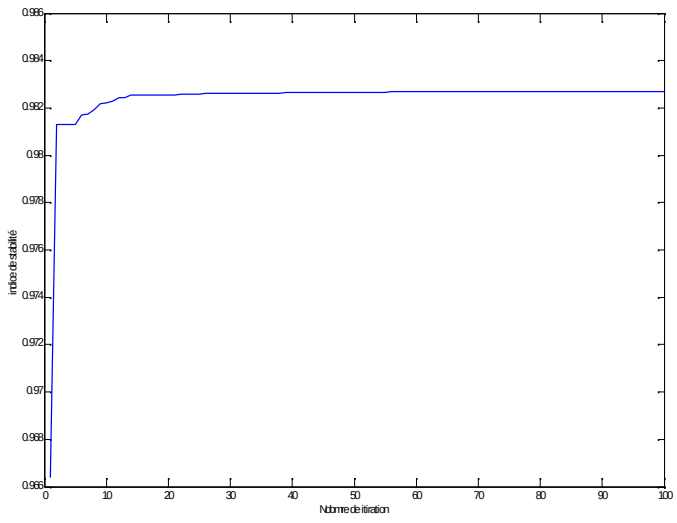


Figure III.7: Caractéristique de convergence du PSO.

25	137.9803
26	175.252
27	6.2023
28	0
29	68.2409
30	13.0262
31	104.1134
32	49.3956
33	0.6039
Pertes actives avec compensation (kW)	85.3191
Pertes actives sans compensation (kW)	120.3198

C) Pertes réactives

La figure III.6, illustre la caractéristique de convergence de la méthode PSO dans le cas d'optimisation des pertes réactives. D'après cette figure, nous remarquons que la méthode converge dans environ 80 itérations. Les résultats d'optimisation sont présentés dans le tableau III.7. D'après ce tableau, il est clair que les pertes réactives sont diminuées de 19.3763 KVAr dans le cas sans compensation au 27.3090 KVAr dans le cas avec compensation. Dans ce cas, nous avons obtenu une diminution des pertes réactives de 7,9327 kVAr.

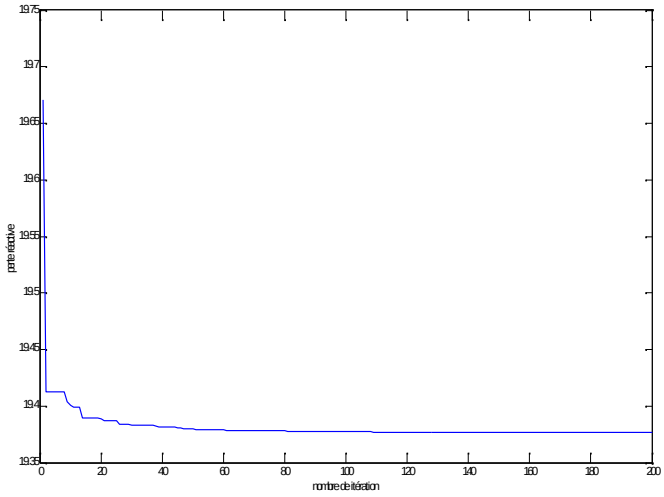


Figure III.6: Caractéristique de convergence du PSO.

Tableau III.7 : Emplacement optimal des condensateurs pour minimiser les pertes réactives.

Nœuds(N°)	Q(Mvars)
00	0
01	12.724
02	3.5313
03	246.6782
04	40.9267
05	57.0893
06	0
07	4.7954
08	259.3122
09	9.478
10	147.8384

B) les pertes actives

La figure III.5, illustre la caractéristique de convergence de la méthode PSO dans le cas d'optimisation des pertes actives. D'après cette figure, nous remarquons que la méthode converge dans environ 100 itérations. Les résultats d'optimisation sont présentés dans le tableau III.6. D'après ce tableau, nous observons clairement que les pertes dans le cas avec compensation (85.3191 kW) sont inferieures à la valeur sans compensation (120.3198kW). Donc, nous concluons, que l'installation des batteries de compensation fait diminuer les pertes actives avec une valeur de 35,0007 kW.

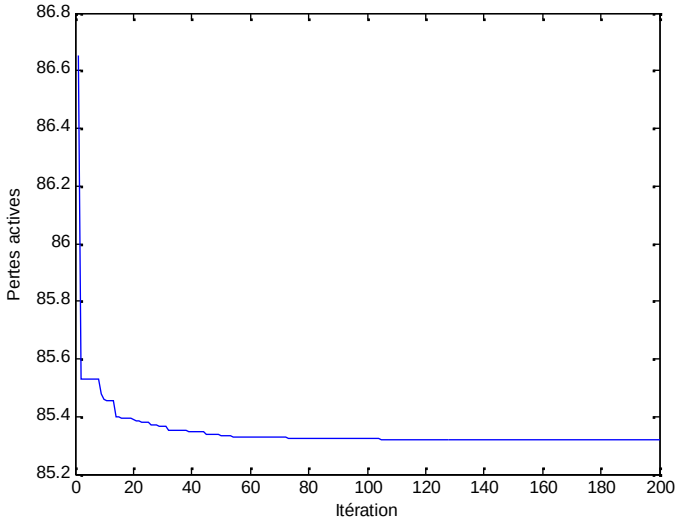


Figure III.5: Caractéristique de convergence du PSO.

Tableau III.6 : Emplacement optimal des condensateurs pour minimiser les pertes actives.

Nœuds(N°)	Q(Mvar)
00	0
01	1.5034
02	20.832
03	200.3404
04	114.4573
05	5.2621
06	76.3369
07	0.8632
08	206.5692
09	6.9059
10	136.7236
11	42.7008
12	116.8433
13	0.2787
14	43.1879
15	0
16	185.6898
17	235.4258
18	3.3041
19	56.7026
20	361.1999
21	27.73
22	171.4382
23	138.2052
24	146.7141

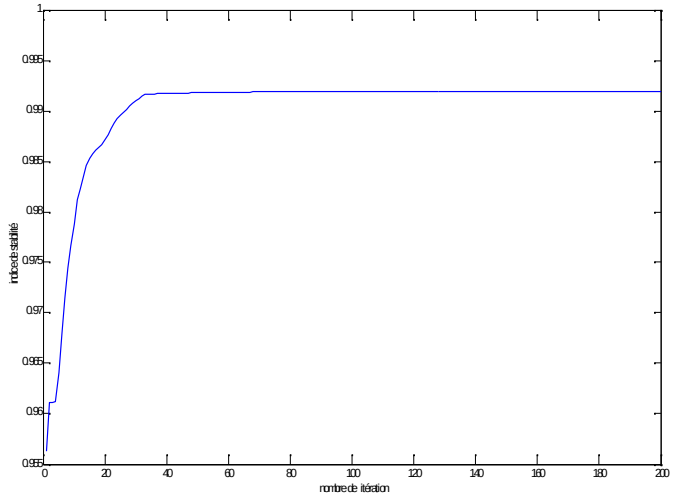


Figure III.4: Caractéristique de convergence du PSO.

Tableau III.5 : Emplacement optimal des condensateurs pour améliorer la stabilité de tension.

Nœuds	Q(Mvars)
00	0
01	0
02	0
03	0
04	0
05	0
06	294.8995
07	1000
08	452.603
09	20.357
10	2.8752
11	0
12	955.618
13	932.8672
14	659.0541
15	1000
16	356.3385
17	994.2448
18	478.7499
19	1000
20	133.5981
21	617.7384
22	177.5885
23	0
24	1000
25	284.4858
26	582.4614
27	824.6704
28	778.7383
29	639.3232
30	880.7058
31	999.9703
32	1000
33	415.4867
Indice de stabilité avec compensation	0.9919
Indice de stabilité sans compensation	0.9417

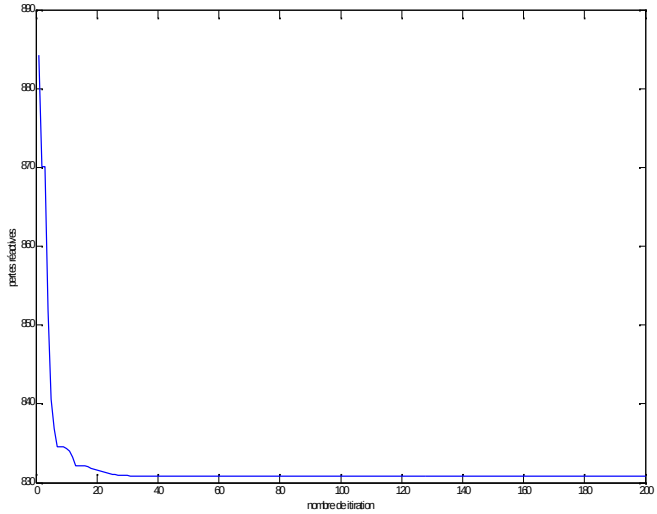


Figure III.3: Caractéristique de convergence du PSO.

Tableau III.4 : Emplacement optimal des condensateurs pour minimiser les pertes réactives.

Nœuds	Q(Mvars)
00	0
01	201.9643
02	0
03	525.364
04	1000
05	728.2188
06	0
07	161.0828
08	509.1413
09	1000
Pertes réactives avec compensation (kVAR)	830.8541
Pertes réactives sans compensation (kVAR)	984.0347

III.2.2 Réseau 34-nœuds

A) Stabilité de tension

La figure III.4, présente la caractéristique de convergence de la méthode PSO dans le cas d'optimisation de la stabilité de tension. D'après cette figure, nous remarquons que la méthode converge dans environ 40 itérations. Les résultats d'optimisation sont présentés dans le tableau III.5. D'après ce tableau, nous observons clairement que la valeur de l'indice de la stabilité de tension la valeur passe de 0.9417 à 0.9919 justifiant l'amélioration de la stabilité de tension.

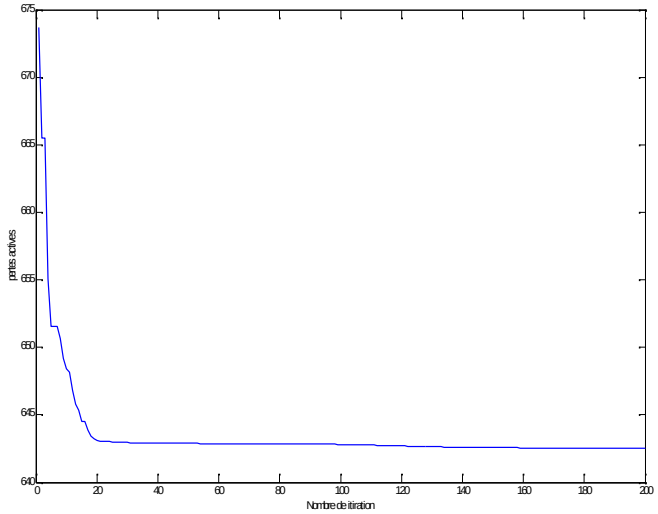


Figure III.2: Caractéristique de convergence du PSO.

Tableau III.3 : Emplacement optimal des condensateurs pour minimiser les pertes actives.

Nœuds(N°)	Q(Mvar)
00	0
01	1000
02	195.846
03	1000
04	1000
05	885.4926
06	320.6578
07	67.8092
08	208.4555
09	636.8185
Pertes actives avec compensation (KW)	642.5346
Pertes actives sans compensation (KW)	742.6059

C) les pertes réactives

La figure III.3, présente la caractéristique de convergence de la méthode PSO dans le cas d'optimisation des pertes réactives. D'après cette figure, nous remarquons que la méthode converge dans environ 30 itérations. Les résultats d'optimisation sont présentés dans le tableau III.4. D'après ce tableau, nous observons nettement que les pertes réactives dans le cas avec compensation (830.8541 kVAr) sont inferieures à la valeur sans compensation (984.0347 kVAr). Donc l'insertion des batteries de compensation dans le réseau 10-nœuds fait diminuer les pertes réactives avec une valeur de 153,1806 kVAr.

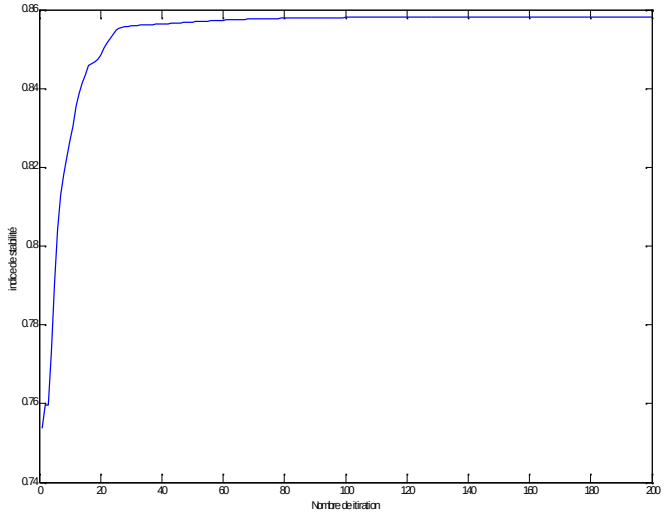


Figure III.1: Caractéristique de convergence du PSO.

Tableau III.2 : Emplacement optimal des condensateurs pour améliorer la stabilité de tension.

Nœuds(N°)	Q(Mvar)
00	0
01	1000
02	612.9702
03	1000
04	1000
05	1000
06	1000
07	1000
08	1000
09	1000
SI avec compensation	0.8581
SI sans compensation	0.7034

B) Pertes actives

La figure III. 2, illustre la caractéristique de convergence de la méthode PSO dans le cas d'optimisation des pertes actives. D'après cette figure, nous remarquons que la méthode converge dans environ 160 itérations. Les résultats d'optimisation sont présentés dans le tableau III.3. D'après ce tableau, nous observons nettement que les pertes actives dans le cas avec compensation (642.5346 kW) sont inferieures à la valeur sans compensation (742.6059 kW). Donc l'insertion des batteries de compensation dans le réseau 10-nœuds fait diminuer les pertes actives avec une valeur de 100,0713 kW.

Chapitre III.

Application et résultats de simulation

III.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'emplacement des condensateurs de compensation des les réseaux de distribution. Le problème est formulé comme étant un problème d'optimisation mono-objectif. Les variables de contrôle de ce problème d'optimisation sont l'emplacement et la taille des condensateurs. Trois fonctions objectives sont considérées dans cette étude à savoir : la minimisation des pertes actives, la minimisation des pertes réactives, et l'amélioration de la stabilité de tension.

III.2 Emplacement optimal des condensateurs de compensation

Dans cette partie, nous allons présenter les emplacements optimaux des condensateurs obtenus par la méthode PSO pour trois fonctions objectives en considérant trois réseaux de distribution différents. Les paramètres du PSO sont présentés dans le tableau III.1.

Tableau III.1 : Paramètres du PSO.

Nombre de particules	Nombre d'itération	c_1 and c_2	w_{max}	w_{min}
70	200	2	0,9	0,5

III.2.1 Réseau 10-nœuds

A) Stabilité de tension

La figure III. 1, montre la caractéristique de convergence de la méthode PSO dans le cas d'optimisation de la stabilité de tension. D'après cette figure, nous remarquons que la méthode converge dans environ 80 itérations. Les résultats d'optimisation sont présentés dans le tableau III.2. D'après ce tableau, nous remarquons que l'indice de stabilité de tension s'améliore après l'insertion de batteries de condensation, sa valeur passe de 0.7034 vers 0.8581 justifiant l'amélioration de la stabilité de tension.

CONCLUSION GENERALE

La continuité de ce travail sera l'emplacement optimal des batteries de compensation dans les réseaux de distribution en utilisant l'optimisation multi-objectif pour optimiser deux fonctions objectives contradictoires comme la stabilité de tension et les pertes actives.

Conclusion générale

Dans ce projet de fin d'études, nous avons étudié l'emplacement optimal des batteries de compensation dans réseaux électriques de distribution en utilisant la méthode d'optimisation par essaim de particules.

Au début de ce travail, nous avons présenté les principes de base de l'algorithme d'écoulement de puissance dans les réseaux de distribution. En plus, nous avons décrit un indice d'évaluation de la stabilité de tension dans les réseaux électriques de distribution. L'algorithme d'écoulement de puissance a été testé sur trois réseaux de distribution différents. Les résultats obtenus montrent que cet algorithme converge normalement pour trois réseaux de taille différente.

Par la suite, nous avons présenté une brève introduction sur les principes d'optimisation, dont on a vu la formulation générale d'un problème d'optimisation et aussi les notions de l'optimum global et l'optimum local. Après cela, nous avons concentré notre étude sur la méthode d'optimisation par essaim de particules. On a vu que la méthode PSO converge vers l'optimum global, grâce à l'intelligence collective. Finalement, on a présenté la formulation du problème d'emplacement optimal des batteries de compensation dans les réseaux de distribution commettant un problème d'optimisation mono-objective. Trois fonctions ont été choisies pour définir ce problème d'optimisation à savoir : l'amélioration de la stabilité de tension, la minimisation des pertes actives et aussi la minimisation des pertes réactives.

En plus, nous avons vu dans ce mémoire la résolution du problème d'emplacement optimal des batteries de compensation dans les réseaux de distribution en utilisant la méthode PSO. Les variables de contrôle de ce problème d'optimisation sont l'emplacement et la taille des condensateurs. Les résultats obtenus montrent l'efficacité et la capacité de la méthode PSO à résoudre le problème d'emplacement optimal des batteries de compensation. Cette méthode a été testée sur trois réseaux de distribution des tailles différentes dont elle converge dans environ cent itérations. D'pars ces résultats, nous avons conclue que l'installation optimale des batteries de compensation dans les réseaux électriques fait améliorer les performances des réseaux c.à.d. améliorer la stabilité de tension, et minimiser les pertes actives et réactives.

[13] N.C. Sahoo, K. Prasad, “A fuzzy genetic approach for network reconfiguration to enhance voltage stability in radial distribution systems”, Energy Conversion and Management 47 (2006) 3288–3306.

[14] R.Eberhart, and J.Kennedy, ‘Swarm Intelligence’’, Morgan Kafmann Publisers, 2001.

[15] R.Eberhart, and J.Kennedy, ‘Particle Swarm Optimization,’’Proc.of IEEE International Conf.on Neural Networks, Vol.4, PP.1942-1948, 1995.

[16] I.N.Kassabalidis, Dynamic Security Border Identification Unhanced Particle Swarm Optimization, IEEE Transactions on power System, VOL.17, NO.3 AUGUST 2002.

[17] Jong-Bae Park et al. ‘’A Particle Swarm Optimization for Economic Dispatch wih Non smooth Cost Function, IEEE Transactions On Power System, Vol.20, No.I February 2005.

[18] J.Kennedy and R.C.Eberhart, Swarm Intelligence.San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 2001.

[19] L. Kartobi,’’Optimisation de la Synthèse des FACTS par les Algorithmes Génétiques et les Essaims Particulaires pour le contrôle des Réseaux Electriques’’, thèse Magister, ENP ,Décembre 2006.

[20] IEEE Commette Report, ‘Tutorial on Modern Heuristic Optimization Techniques With Applications to Power Systems’’, IEEE Power Engineering Society, 02TP160, 2002.

[21] R. BENABID, «optimisation multi-objectif de la synthèse des FACTS par les particules en essaim pour le contrôle de la stabilité de tension des réseaux électriques», Mémoire de Magister, université de Laghouat, 2007.

BIBLIOGRAPHIE

[1] M.H Haque : ‘‘Novel decoupled load flow method ’’ IEE proc.C 1993,vol .140.

[2] J.Nanda et al: ‘‘New finding on radil distribution systems load flow algorithme’’ proceedings of IEEE power Engineering Society Winter Meeting , vol.2,23-27jan.2000.

[3] Augugliaro et al: ‘‘An efficient iterative method for load-flow solution in radial distribution voltage dependent load models ’’IEEE Porto power tech. conference 2001;10-13 Sept. Porto Portugal.

[4] E. Ulas and M. H. Hocaoglu: ‘‘A New power flow method for radial distribution systems including voltage dependent load models ’’ Electric power Systems research vol.76. 2005

[5] E. Bompart et al: ‘‘Convergence of the backward/forward sweep method for the load-flow analysis of radial distribution systems ’’Electric Power and energy Systems, ol.22, 2000.

[6] J. B. Bunch, R. D. Miller, and J. E. Wheeler, “Distribution system integrated voltage and reactive power control,” IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 101, no. 2, pp. 284–289, Feb. 1982.

[7] Capacitor Subcommittee of the IEEE Transmission and Distribution Committee, “Bibliography on power capacitors 1975–1980,” IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 102, no. 7, pp. 2331–2334, July 1983.

[8] IEEE VAR Management Working Group of the IEEE System Control Subcommittee, “Bibliography on reactive power and voltage control,” IEEE Trans. Power Systems, vol. 2, no. 2, pp. 361–370, May 1997.

[9] N. M. Neagle and D. R. Samson, “Loss reduction from capacitors installed on primary feeders,” AIEE Trans., vol. 75, pp. 950–959, Oct. 1956.

[10] R. F. Cook, “Analysis of capacitor application as affected by load cycle,”AIEE Trans., vol. 78, pp. 950–957, Oct. 1959.

[11] “Optimizing the application of shunt capacitors for reactive-voltampere control and loss reduction,” AIEE Trans., vol. 80, pp. 430–444, Aug. 1961.

[12] J. V. Schmill, “Optimum size and location of shunt capacitors on distribution feeders,” IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 84, no. 9, pp. 825–832, Sept. 1965.

63	64	1.0410	0.5302	59	42
64	65	0.2012	0.0611	18	13
65	66	0.0047	0.0014	18	13
66	57	0.7394	0.2444	28	20
67	68	0.0047	0.0016	28	20

n=length (Mat data).

V base=12.66.

20	21	0.0140	0.0046	5	3.5
21	22	0.1591	0.0526	0	0
22	23	0.3463	0.1145	28	20
23	24	0.7488	0.2475	0	0
24	25	0.3089	0.1021	14	40
25	26	0.1732	0.0572	14	10
26	27	0.0044	0.0108	26	18.6
27	28	0.0640	0.1465	26	18.6
28	29	0.3978	0.1315	0	0
29	30	0.0702	0.0232	0	0
30	31	0.3510	0.1160	0	0
31	32	0.8390	0.2816	14	10
32	33	1.7080	0.5646	9.5	14
33	34	1.4740	0.4873	6	4
34	35	0.0044	0.0108	26	18.55
35	36	0.0640	0.1565	26	18.55
36	37	0.1053	0.1230	0	0
37	38	0.0304	0.0355	24	17
38	39	0.7283	0.8509	1.2	1
40	41	0.3100	0.3623	0	0
41	42	0.0410	0.0478	6	4.3
42	43	0.0092	0.0116	0	0
43	44	0.1089	0.1373	39.22	26.3
44	45	0.0009	0.0012	39.22	26.3
45	46	0.0034	0.0084	0	0
46	47	0.0851	0.2083	79	56.4
47	48	0.2898	0.7091	384.7	274.5
48	49	0.0822	0.2011	384.7	274.5
49	50	0.0928	0.0473	40.5	28.3
50	51	0.3319	0.1114	3.6	2.7
51	52	0.1740	0.0886	4.35	3.5
52	53	0.2030	0.1034	26.4	19
53	54	0.2842	0.1447	24	17.2
54	55	0.2813	0.1433	0	0
55	56	1.5900	0.5337	0	0
56	57	0.7837	0.2630	0	0
57	58	0.3042	0.1006	100	72
58	59	0.3861	0.1172	0	0
59	60	0.5075	0.2585	1244	888
60	61	0.0974	0.0496	32	23
61	62	0.1450	0.0738	0	0
62	63	0.7105	0.3619	227	162

18	19	0.189	0.043	230	142.5
19	20	0.189	0.043	230	142.5
20	21	0.262	0.045	230	142.5
21	22	0.262	0.045	230	142.5
22	23	0.3144	0.054	230	142.5
23	24	0.2096	0.036	230	142.5
24	25	0.131	0.0225	230	142.5
25	26	0.1048	0.018	137	85
26	27	0.1572	0.027	75	48
27	28	0.1572	0.027	75	48
28	29	0.1572	0.027	75	48
29	30	0.1572	0.027	57	34.5
30	31	0.1572	0.036	57	34.5
31	32	0.1572	0.027	57	34.5
32	33	0.1048	0.018	67	34.5

```
n=length (Mat data).
V base=11 .
```

B.3) Paramètres du réseau IEEE 69 nœuds

Matrice de connectivité (Mat data)					
SE(i)	RE(i)	Résistance(Ω)	Réactance(Ω)	PL (kW)	QL (kVAr)
0	1	0.0005	0.0012	0	0
1	2	0.0005	0.0012	0	0
3	4	0.0251	0.0294	0	0
4	5	0.3660	0.1864	2.6	2.2
5	6	0.3811	0.1941	40.4	30
6	7	0.0922	0.0470	75	54
7	8	0.0493	0.0251	28	22
8	9	0.8190	0.2707	28	19
9	10	0.1872	0.0619	145	104
10	11	07114	0.2351	145	104
11	12	1.0300	0.3400	8	5
12	13	1.0440	0.3450	8	5.5
13	14	1.0580	0.3496	0	0
14	15	0.1966	0.0650	45.5	30
15	16	0.3744	0.1238	60	35
16	17	0.0047	0.0016	60	35
17	18	0.3276	0.1083	0	0
18	19	0.2106	0.0690	1	0.6
19	20	0.3416	0.1129	114	81

ANNEXE B

B.1) Paramètres du réseau IEEE 10 nœuds

Matrice de connectivité (Mat data)					
SE(i)	RE(i)	Résistance(Ω)	réactance(Ω)	PL (kW)	QL (kVAr)
0	1	0.1233	0.4127	1840	460
1	2	0.0140	0.6057	980	340
2	3	0.7463	1.2050	1790	446
3	4	0.6984	0.6084	1598	1840
4	5	1.9831	1.7276	1610	600
5	6	0.9053	0.7886	0780	110
6	7	2.0552	1.1640	1150	60
7	8	4.7953	2.7160	980	130
8	9	5.3434	3.0264	1640	200

n=length (Mat data).

Vbase=23.

B.2) Paramètres du réseau IEEE 34 nœuds

Matrice de connectivité (mat data)					
SE(i)	RE(i)	Résistance (Ω)	Réactance (Ω)	PL (kw)	QL (kVAr)
0	1	0.117	0.048	230	142.5
1	2	0.10725	0.044	0	0
2	3	0.16445	0.04565	230	142.5
3	4	0.1495	0.0415	230	142.5
4	5	0.1495	0.0415	0	0
5	6	0.3144	0.054	0	0
6	7	0.2096	0.036	230	142.5
7	8	0.3144	0.054	230	142.5
8	9	0.2096	0.036	0	0
9	10	0.131	0.0225	230	142.5
10	11	0.1048	0.018	137	84
11	12	0.1572	0.027	72	45
12	13	0.2056	0.036	72	45
13	14	0.1048	0.018	72	45
14	15	0.0524	0.009	13.5	7.5
15	16	0.1794	0.0498	230	142.5
16	17	0.16445	0.04565	230	142.5
17	18	0.2079	0.0473	230	142.5

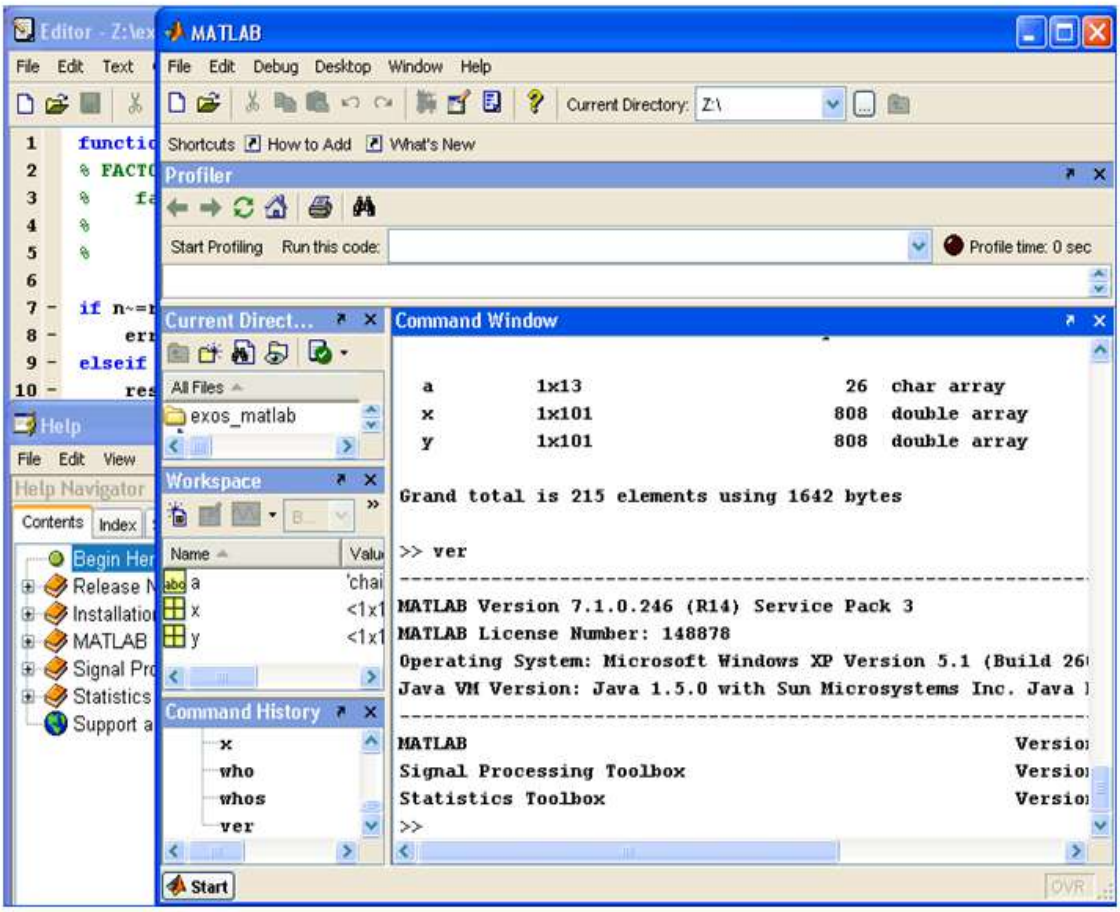


Figure A.1 .interface graphique(Matlab)

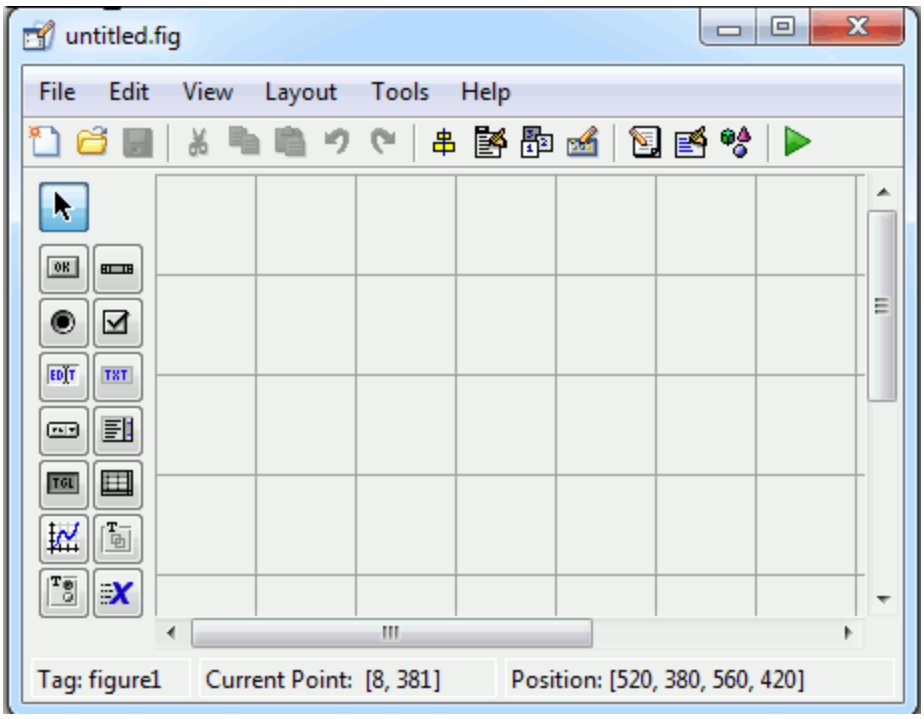


Figure A.2. Fenêtre des figures

ANNAXE

ANAXE A

A.1) présentation de Matlab

Historique

MATLAB est une abréviation de *Matrix Labor tory*. Écrit à l'origine, en Fortran, par *C. Moler*, MATLAB était destiné à faciliter l'accès au logiciel matriciel développé dans les projets

LINPACK et EISPACK. La version actuelle, écrite en C par the Math Works Inc., existe en Version professionnelle et en version étudiant. Sa disponibilité est assurée sur plusieurs plateformes: Sun, Bull, HP, IBM, compatibles PC (DOS, Unix ou Windows), Macintosh, iMac et plusieurs machines parallèles.

MATLAB est un environnement puissant, complet et facile à utiliser destiné au calcul Scientifique. Il apporte aux ingénieurs, chercheurs et à tout scientifique un système interactif Intégrant calcul numérique et visualisation. C'est un environnement performant, ouvert et Programmable qui permet de remarquables gains de productivité et de créativité.