



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de génieélectrique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Electrotechnique
Réseau électrique

Réf. :

Présenté et soutenu par :
LAGRAF FAHIMA

Le : **lundi 8 juillet 2019**

Optimisation des paramètres de PSS par voie des méthodes méta- heuristiques

Jury :

Mr	Kiyyour Brahim	MAA	Université d'appartenance	Président
Mr	Salhi Ahmed	MCA	Université d'appartenance	Examineur
Mr	Naimi Djemai	MCA	Université d'appartenance	Rapporteur

Année universitaire : **2018 - 2019**

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique
Filière : Electrotechnique
Option : Réseau électrique

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

MASTER

Thème

**Optimisation des paramètres de PSS
par voie des méthodes méta-
heuristiques**

Présenté par :

LAGRAF FAHIMA

Avis favorable de l'encadreur :

MCA. NAIMI DJEMAI signature

Avis favorable du Président du Jury :

Mr .Kiyyour Brahim

Cachet et signature

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique
Filière : Electrotechnique
Option : Réseau électrique

Thème :

Optimisation des paramètres de PSS par voie des méthodes méta- heuristiques

Proposé et dirigé par : Dr. NAIMI Djemai

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Remerciement

Avant toute chose, je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir donnée courage, patience et force durant toutes ces années d'étude.

Je tiens à remercier Dr. NAIMI DJEMAI d'avoir accepté la direction de ces travaux de recherche, je lui exprime par la présente toute ma gratitude, pour son expérience, sa compétence, son soutien inconditionnel et ses qualités humaines.

Bien sûr, Je tiens à exprimer ma gratitude aux membres de jury «SALHI Ahmed et kyour Brahim » qui ont bien voulu évaluer mon travail.

Pour finir tout ceci n'aurait pas été possible sans l'amour et le soutien de ma famille. Mon père, Ma mère, mes chers frères et sœurs, merci de tout cœur pour les petites ou grandes choses que vous avez faites pour moi.

Les remerciements ne seraient rien sans une mention particulière a l'ensemble de mes professeurs et mes collègues a l'Université de Mohamed khider Biskra et je ne peux pas oublier mes amis de toujours, Enfin, mes Remerciements Vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de mon travail surtout Dr. Salhi Ahmed et à la direction du laboratoire de génie électrique LGEB.

Fahima

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

*Avant tout, je remercie le grand dieu qui nous a aidés à
élaborer ce modeste travail.*

*Je dédie également mes très chers parents qui m'ont guidé
durant les moments
les plus pénibles de ce long chemin, ma mère qui a été à mes
côtés et ma soutenu
durant toute ma vie, et mon père qui a sacrifié toute sa vie
afin de me voir*

devenir ce que je suis, merci mes parents.

A ma chère sœur : Fayza

A tout ma famille

*Et tous mes enseignants, je leurs exprime ma profonde
gratitude.*

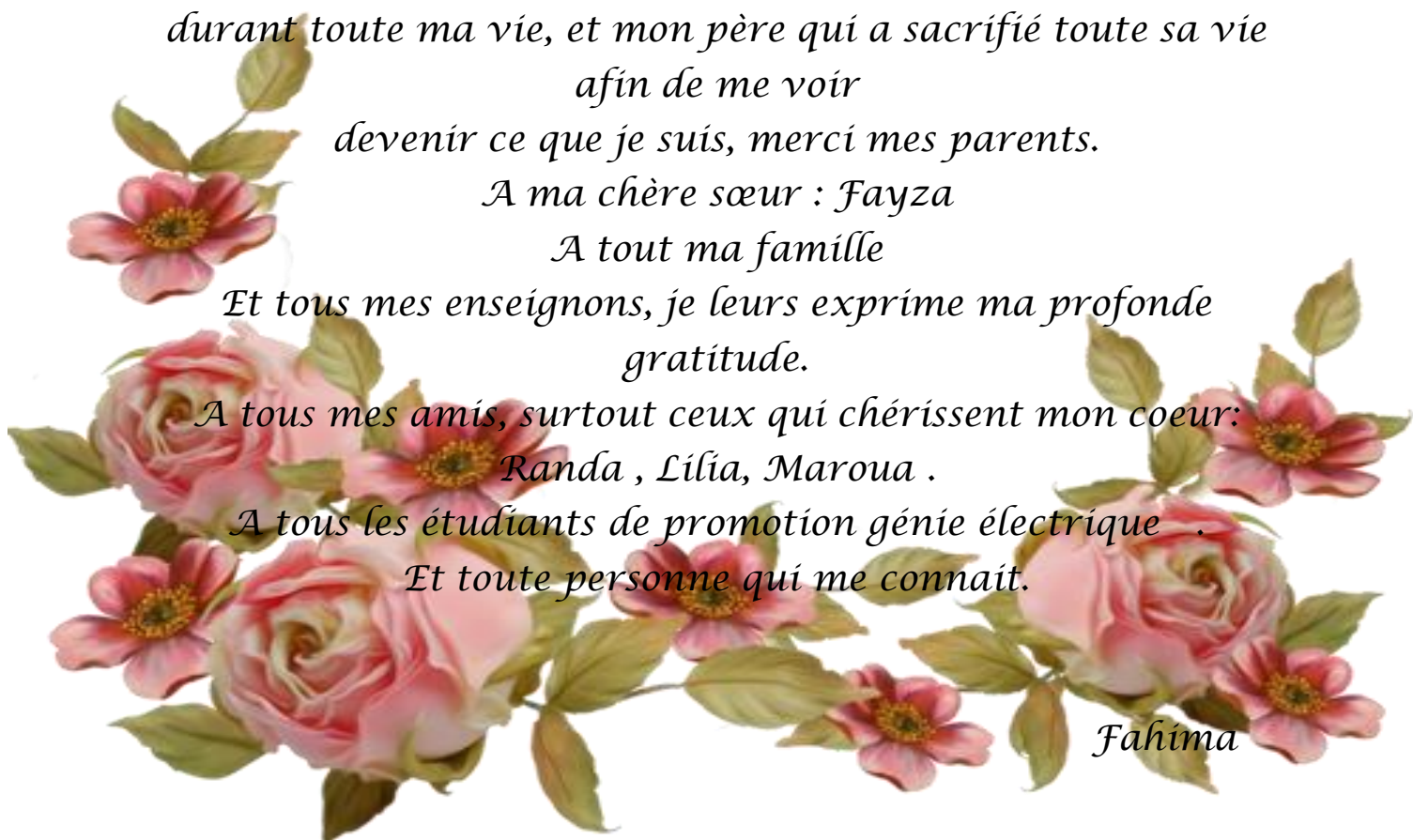
A tous mes amis, surtout ceux qui chérissent mon coeur:

Randa , Lilia, Maroua .

A tous les étudiants de promotion génie électrique .

Et toute personne qui me connaît.

Fahima



Liste des figures

Chapitre 1

FIGURE	LE TITRE	PAGE
Figure1. 1	Classification des différents types de la stabilité de système de puissance	6
Figure1. 2	Cas 1(Instabilité de première oscillation)	8
Figure1. 3	Cas 2(Instabilité de plusieurs oscillations)	9
Figure1. 4	générateur synchrone connecté à un jeu de barres infini	9
Figure1. 5	Représentation des couples mécanique et électrique	10
Figure1. 6	Relation puissance- angle de rotor. $P = f(\delta)$	11
Figure1. 7	Variation d'angle de rotor	12
Figure1. 8	Courbes (a : puissance-angle) et (b : variation d'angle de rotor) du générateur suite à un défaut de transmission	13
Figure1. 9	l'ensemble du système de contrôle d'excitation (AVR et PSS)	19
Figure1. 10	PSS type $\Delta\omega$	20
Figure1. 11	PSS type Δf	20
Figure1. 12	PSS a multiple signaux d'entrée Δf et ΔP	20
Figure1. 13	Modèle le PSS du conventionnel	21

Chapitre 2

FIGURE	LE TITRE	PAGE
Figure2. 1	Organigramme d'un algorithme génétique standard	26
Figure2. 2	Représentation génétique d'une population	27
Figure2. 3	Exemple de sélection par roulette	29
Figure2. 4	Croisement en un seul point	31

Chapitre 3

FIGURE	LE TITRE	PAGE
Figure3. 1	Schéma fonctionnel d'un Système d'excitation de thyristor avec l'AVR	36
Figure3. 2	courbe déviation de position angulaire dans cas (P=0.2 ; Q=0.3)	38
Figure3. 3	courbe d'Erreur dans cas (P=0.2, Q=0.3)	38
Figure3. 4	courbe déviation de couple électromagnétique dans cas (P =0.2, Q=0.3)	38
Figure3. 5	courbe déviation de vitesse angulaire (rad/s) dans cas (P=0.2, Q=0.3)	39
Figure3. 6	déviation de position l'angle dans cas (P=0.6, Q=0.5)	40
Figure3. 7	courbe d'Erreur dans cas (P=0.6, Q=0.5)	40

Figure3. 8	courber déviation de couple électromagnétique dans cas (P=0.6, Q=0.5)	40
Figure3. 9	courbe déviation de vitesse angulaire dans cas (P=0.6, Q=0.5)	41
Figure3. 10	courbe déviation de position l'angle dans cas (P=1.1, Q=0.8)	42
Figure3. 11	courbe d'Erreur dans cas (P=1.1, Q=0.8)	42
Figure3. 12	courbe déviation de couple électromagnétique dans cas (P=1.1, Q=0.8)	42
Figure3. 13	courbe déviation de vitesse angulaire dans cas (P=1.1, Q=0.8)	43
Figure3. 14	Schéma bloc fonctionnel avec l'AVR et le PSS	44
Figure3. 15	courbe déviation de position angulaire dans cas (P=0.2 ; Q=0.3)	45
Figure3. 16	courbe déviation de couple électromagnétique dans cas (P=0.2, Q=0.3)	45
Figure3. 17	courbe déviation de vitesse angulaire dans cas (P=0.2, Q=0.3)	45
Figure3. 18	courbe d'Erreur dans cas (P=0.2, Q=0.3)	46
Figure3. 19	courbe d'Erreur dans cas (P=0.6, Q=0.5)	47
Figure3. 20	courbe déviation de position l'angle dans cas (P=0.6, Q=0.5)	47
Figure3. 21	courbe déviation de couple électromagnétique dans cas (P=0.6, Q=0.5)	47
Figure3. 22	courbe déviation de vitesse angulaire dans cas (P=0.6, Q=0.5)	48
Figure3. 23	courbe déviation de position l'angle dans cas (P=1.1, Q=0.8)	49

Figure3. 24	courbe déviation de vitesse angulaire dans cas (P=1.1, Q=0.8)	49
Figure3. 25	courbe d'Erreur dans cas (P=1.1, Q=0.8)	49
Figure3. 26	courbe déviation de couple électromagnétique dans cas (P=1.1, Q=0.8)	50
Figure3. 27	Organigramme de la recherche des résultats	51
Figure3. 28	courbe déviation de vitesse angulaire dans cas (P=0.2, Q=0.3)	52
Figure3. 29	courbe d'Erreur dans cas (P=0.2, Q=0.3)	53
Figure3. 30	courbe déviation de vitesse angulaire dans cas (P=0.6, Q=0.5)	54
Figure3. 31	courbe d'Erreur dans cas (P=0.6, Q=0.5)	54
Figure3. 32	courbe déviation de vitesse angulaire dans cas (P=1.1, Q=0.8)	56

Liste des Tableaux

Chapitre1

TABLEAU	LE TITRE	PAGE
Tableau1. 1	choix du type le PSS	21

Chapitre2

TABLEAU	LE TITRE	PAGE
Tableau2. 2	Exemples de sélection par rang pour 6chromosomes	30

Chapitre3

TABLEAU	LE TITRE	PAGE
Tableau3. 1	avec l'AVR (Sans PSS) dans cas (P=0.2, Q= 0.8, 0.5, 0.3)	37
Tableau3. 2	avec l'AVR (Sans PSS) dans cas (P=0.6, Q= 0.8, 0.5, 0.3)	39
Tableau3.3	avec l'AVR (Sans PSS) dans cas (P=1.1, Q= 0.8, 0.5, 0.3)	41
Tableau3.4	avec PSS et l'AVR (avec PSS) dans cas (P=0.2, Q= 0.8, 0.5, 0.3)	44
Tableau3.5	avec PSS et l'AVR (avec PSS) dans cas (P=0.6, Q= 0.8, 0.5, 0.3)	46

Tableau3.6	avec PSS et l'AVR (avec PSS) dans cas (P=1.1, Q= 0.8, 0.5, 0.3)	48
Tableau3.7	les paramètres de PSS avec les algorithmes génétiques	52
Tableau3.8	PSS avec les algorithmes génétiques et l'AVR dans cas (P=0.2, Q= 0.8, 0.5, 0.3)	52
Tableau3.9	la défronce entre trois courbes (Sans PSS et Avec PSS et Avec PSS OPT)	53
Tableau3.10	PSS avec les algorithmes génétiques et l'AVR dans cas (P=0.6, Q= 0.8, 0.5, 0.3)	53
Tableau3.11	la défronce entre trois courbes (Sans PSS et Avec PSS et Avec PSS OPT)	54
Tableau3.12	PSS avec les algorithmes génétiques et l'AVR dans cas (P=0.2, Q= 0.8, 0.5, 0.3)	55

Liste des abréviations et symboles

$\Delta \omega_i$: Déviation de la vitesse angulaire du rotor d'i ème machine ($p.u$).

ω_s : vitesse de synchronisme (rad/s).

A_1 : zone d'accélération

A_2 : zone de décélération

TCID : temps critique d'isolement de défaut

Bus : jeux de barres

$\Delta \omega_i$: Déviation de la vitesse angulaire du rotor de la ième machine

ω_0 : vitesse de synchronisme

T_{mi} : couple mécanique fourni par la turbine

T_{ei} : couple électromagnétique associée à la puissance électrique produite du générateur

D_i : coefficient d'amortissement du générateur.

δ : angle de rotor.

x : Vecteur des variables d'état du système.

u : Vecteur des paramètres du système.

ω_0 : la vitesse de synchronisme

P_m : la puissance mécanique fournie au générateur.

P_e : la puissance électrique du générateur.

δ_0 : l'angle de rotor, initial, à l'instant de l'application de défaut.

δ_2 : l'angle de rotor à la fin de la période transitoire.

a : puissance-angle

b : variation d'angle de rotor

PSS : Power System Stabiliser

AVR : Automatic Voltage Regulator

φ : Vitesse relative de rotation électrique de la machine synchrone en ($p.u$)

φ_0 : Vitesse nominale de rotation électrique de la machine synchrone ($p.u$)

δ : Angle de puissance (L'angle rotorique) de la machine synchrone (rad)

P_e : Puissance électrique active ($p.u$)

Q_e : Puissance électrique réactive ($p.u$)

P_m : Puissance mécanique entrant ($p.u$)

D : Coefficient d'amortissement ($p.u$)

H : Constant d'inertie (s)

V_t : Tension mesurée a la sortie de la machine synchrone ($p.u$)

V_q : La composante quadratique de la tension terminale ($p.u$)

V_d : La composante directe de la tension terminale ($p.u$)

I_q : La composante quadratique du courant du stator ($p.u$)

I_d : La composante directe du courant du stator ($p.u$)

V_s : Tension du noeud infini. ($p.u$)

E_q' : Tension transitoire en quadrature de la machine synchrone ($p.u$)

E_{fd} : Tension d'excitation de la machine synchrone ($p.u$)

E_{fdmax} : Limite supérieure de la sortie de l' **AVR** ($p.u$)

E_{fdmin} : Limite inférieure de la sortie de l' **AVR** ($p.u$)

U_{pss} : Signal de sortie du **PSS** ($p.u$)

U_{pssmax} : Limite supérieure de la sortie du **PSS** ($p.u$)

U_{pssmin} : Limite inférieure de la sortie du **PSS** ($p.u$)

V_{ref} : Tension de référence ($p.u$)

K_a : Gain de l'**AVR** ($p.u$)

K_{pss} : Gain du **PSS** ($p.u$)

T_a : Constante de temps de l'**AVR** (s)

T_w : Constante de temps du régulateur (s)

T_1 : Constante de temps (s)

T_2 : Constante de temps (s)

T_3 : Constante de temps (s)

T_d : Constante de temps (s)

T_{d0} : Constante de temps transitoire de l'axe directe (s)

X_l : Réactance équivalente des lignes de transport (*p.u*)

X_T : Réactance équivalente du transformateur (*p.u*)

X_d : Réactance synchrone directe de la machine synchrone (*p.u*)

X_q : Réactance synchrone en quadrature du générateur (*p.u*)

X_{d'} : Réactance transitoire directe de la machine synchrone (*p.u*)

X_{q'} : Réactance transitoire en quadrature de la machine synchrone (*p.u*)

JB : Jeu de barres

P_{gen} : puissance active générer

Q_{gen} : puissance réactive générer

P_{load} : puissance active de charge

Q_{load} : puissance réactive de charge

CPSS : Conventional Power System Stabiliser

SMIB: Single Machine Infinity Bus

GAPSS : power system stabiliser par les algorithmes génétique.

AG : Algorithmes Génétique.

الملخص

شبكات الطاقة معرضة لجميع أنواع الحوادث التي قد تؤثر على استقرار الشبكة الأخيرة أو حتى الانهيار التام لشبكات الطاقة (انقطاع التيار الكهربائي) ؛ أصبح تحسين الاستقرار هدفاً ذا أولوية. نظام استقرار الطاقة (PSS) هو جهاز مصمم لتحسين الاستقرار الديناميكي للشبكات. الهدف من عملنا هو ضمان الحد الأقصى من التخميد وتقليل وقت الاستجابة ، للقيام بذلك قمنا بتطوير طريقة تحسين عالمية تستند إلى الخوارزميات الجينية التي سمحت بالإعداد الأمثل لمعاملات PSS حيث أظهرت نتائج المحاكاة كفاءة تكامل PSS وخاصة تحسين معالمها في تحسين استقرار الشبكة الكهربائية. .

الكلمات المفتاحية: الشبكات الكهربائية - الاستقرار - PSS - التحسين - الخوارزمية الجينية.

Résumé

Les réseaux électriques sont vulnérables à tout sorte d'incidents qui risque d'influer sur la stabilité de ces derniers voire même l'écroulement total des réseaux électriques (Black-out) ; l'amélioration de la stabilité est donc devenue un objectif prioritaire. Le Power system Stabilizer (PSS) est un dispositif conçu pour l'amélioration de la stabilité dynamique des réseaux. L'objectif de notre travail est d'assurer un amortissement maximum et une minimisation du temps de réponse, Pour ce faire, nous avons développé une méthode d'optimisation globale basée sur les algorithmes génétiques qui a permet un réglage optimal des paramètres de PSS où les résultats de simulations ont montré une efficacité de l'intégration du PSS et en particulier l'optimisation de ses paramètres dans l'amélioration de la stabilité du réseau électrique. .

Mots clés : Réseaux électriques – Stabilité – PSS – Optimisation -Algorithme génétique .

Abstract

Power grids are vulnerable to all sorts of incidents that may affect the stability of the latter or even the total collapse of the power grids (Black-out); improving stability has therefore become a priority objective. The Power System Stabilizer (PSS) is a device designed to improve the dynamic stability of networks. The goal of our work is to ensure a maximum damping and a minimization of the response time, to do this we have developed a global optimization method based on genetic algorithms that has allowed an optimal setting of the parameters of PSS where the results of simulations showed an efficiency of the integration of the PSS and in particular the optimization of its parameters in the improvement of the stability of the electrical network. .

Key words: Electrical networks - Stability - PSS - Optimization - Genetic Algorithm.

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations et symboles

Introduction générale 1



Chapitre 1 : Stabilité de réseau électrique

Introduction.....	5
1.1. Définition.....	5
1.2. Les différents types de la stabilité de système de puissance.....	5
1.3. Classification des différents types de la stabilité de système de puissance.....	6
1.3.1. Stabilité de l'angle de rotor.....	6
1.3.2. Stabilité angulaire aux petites perturbations (stabilité dynamique).....	7
1.3.3. Stabilité angulaire aux grandes perturbations (stabilité transitoire).....	8
1.4. Equation de mouvement.....	10
1.4.1.Relation (P- δ)	11
1.4.2.Critère d'égalité des aires.....	12
1.5.Temps critique d'isolement de défaut (TCID).....	14
1.6.Stabilité de tension	15
1.6.1.Stabilité de tension vis-à-vis des petites perturbations	16
1.6.2.Stabilité de tension vis-à-vis des grandes perturbations	16
1.7. Stabilité de fréquence	16

1.8. Stabilité transitoire	16
1.9. Différents méthode d'amélioration de la stabilité d'un réseau électrique	17
1.10. Causes d'instabilité.....	17
1.11. Définitions les PSS (Power System Stabiliser)	18
1.11.1 Nouveaux types de PSS	19
1.11.2. Utilisation des PSS	19
1.11.3. Les différentes configurations de PSS	19
1.11.4. Modèle du PSS	21
1.11.4.1. L'amplificateur.....	22
1.11.4.2. Le filtre passe-haut "filtre washout"	22
1.11.4.3. Bloc de compensation de phase.....	22
1.11.4.4. Le limiteur	22
Conclusion.....	22



Chapitre 2 : Optimisation et Algorithme Génétique

Introduction	24
2.1. Définition de base	24
2.2. Définition de l'optimisation	24
2.2.1. Fonction Objective	25
2.2.2. Variables de décision	25
2.2.3. Définition Contrainte.....	25
2.3. Définition des AG	25
2.4. Historique	25
2.5. Principe des Algorithmes Génétiques	26
2.6. Structure d'une population	27
2.7. Fonction de performance	27

2.8. Codage et décodage des variables	28
2.9. Principaux opérateurs génétiques	29
2.10.Sélection	29
2.10.1. Sélection par roulette de loterie	29
2.10.2. Sélection par rang	30
2.10.3. Sélection statique	30
2.10.4. Sélection par tournoi	30
2.11.Croisement	31
2.12. Mutation	32
2.13. Création de la génération suivante et critères d'arrêt.....	32
2.14. Réglage des paramètres d'un AG	32
conclusion.....	33



Chapitre 3 : Résultats et interprétation de simulation

Introduction.....	35
3.1. Stratégie de travail.....	35
3.2. Modèle d'étude dans le MATHLAB /SIMULINK.....	36
3.3. Analyse du système sans PSS.....	37
3.3.1. Analyse de système avec les faibles charges.....	37
3.3.1.1.Les courbes $\Delta\delta$, Δwr , ΔTe , Err de système sans PSS	38
3.3.2. Analyse le système avec les moyennes charges.....	39
3.3.2.1. Les courbes $\Delta\delta$, Δwr , ΔTe , Err de système sans PSS	40
3.3.3. Analyse le système avec les grandes charges.....	41
3.3.3.1.Les courbes $\Delta\delta$, Δwr , ΔTe , Err de système sans PSS	42

3.4.Vérification l'influence de l'intégrale du PSS.....	44
3.4.1. Analyse de système avec les faibles charges.....	44
3.4.1.1. Les courbes $\Delta\delta$, Δwr , ΔTe , Err de système avec PSS	45
3.4.2. Analyse le système avec les moyennes charges.....	46
3.4.2.1. Les courbes $\Delta\delta$, Δwr , ΔTe , Err de système avec PSS	47
3.4.3. Analyse de système avec les grandes charges.....	48
3.4.3.1. Les courbes $\Delta\delta$, Δwr , ΔTe , Err de système avec PSS	49
3.5. L'algorithme génétique utilisé dans l'optimisation des paramètres de PSS a les paramètres suivants	50
3.5.1. Optimisation des paramètres de PSS avec les algorithmes génétiques.....	51
3.6. Les valeurs optimales de PSS à chaque régime	52
3.6.1.Les paramètres de PSS avec les faibles charges	52
3.6.1.1. Les courbes $\Delta\delta$, Δwr , ΔTe , Err dans trois cas sans PSS et avec PSS et PSS avec les algorithmes génétique	52
3.6.2. Les paramètre de PSS avec les grandes charges.....	53
3.6.2.1. Les courbes $\Delta\delta$, Δwr , ΔTe , Err dans trois cas sans PSS et avec PSS et PSS avec les algorithmes génétique	54
3.6.3. Les paramètres de PSS avec les grandes charges	55
3.6.3.1. Les courbes $\Delta\delta$, Δwr , ΔTe , Err dans trois cas sans PSS et avec PSS et PSS avec les algorithmes génétique	55
Conclusion.....	56
Conclusion générale.....	58

Annexes

Référence bibliographique

Résumé

Introduction générale

Actuellement, le lancement du marché de l'électricité crée des scénarios d'exploitation plus complexes que par le passé. L'augmentation permanente de la dépendance électrique de la société moderne signifie que le fonctionnement des systèmes énergétiques correspond à 100% de leur capacité et à une sécurité maximale. De plus, la qualité de l'énergie électrique est devenue une préoccupation majeure pour les consommateurs et les fournisseurs, car la consommation croissante d'électricité est confrontée à des pannes et des perturbations inattendues qui peuvent influencer sur la stabilité du réseau voire même l'écroulement total de ce dernier.

De nouvelles méthodes et techniques pour améliorer la stabilité des systèmes constituent donc un sujet de recherche très important. En raison de la diversité des conditions de fonctionnement et de la gravité des accidents, les équipements de contrôle actuellement installés sur les réseaux peuvent être très limités ou insuffisants pour répondre efficacement à diverses perturbations. En conséquence, les opérateurs de réseau cherchent à améliorer leur fonctionnement tout en maintenant un niveau de sécurité satisfaisant.

Le Régulateur Automatique de Tension (AVR) et. L'AVR ne peut donc pas garantir à lui seul le bon fonctionnement des réseaux électriques sans l'aide d'un système de réglage supplémentaire comme power system stabilizer dit PSS et rendre par la suite les réseaux électriques plus stables.

A ce sujet, plusieurs problématiques s'avèrent nécessaires :

- Comment pouvons-nous améliorer la stabilité du réseau ?
- Comment influe l'intégration des AVR et PSS dans l'amélioration de la stabilité du réseau ?
- La recherche de des paramètres optimaux du PSS pourra-t-elle améliorer de plus cette stabilité ?

C'est dans cet objectif que s'inscrit notre thème qui propose systèmes de réglage qui sont le PSS pour améliorer la stabilité des réseaux électriques, tout en comparant les effets de ces systèmes sur l'amortissement des oscillations. La synthèse des systèmes de réglage est lié à la complexité et l'interaction des différents variables du modèle à étudier. D'où la nécessité

du recours au modèle général du réseau représenté par un réseau à Jeu de barres infini (SMIB).

Pour ce faire, nous choisissons une méthode méta heuristique qui est la méthode des algorithmes génétiques (AG). Les différentes simulations et le programme de calcul dédié à l'AG sont effectués sous l'environnement MATLAB.

C'est dans cet objectif que s'articule notre travail qui sera organisé de la façon suivante :

Dans le premier chapitre, nous faisons un rappel de la stabilité, où nous citons les caractéristiques des différents types de stabilité d'un système de puissance en se focalisant sur la stabilité angulaire aux petites et aux grandes perturbations avec les stabilisateurs de puissance (PSS).

Le deuxième chapitre a pour objectif de présenter théoriquement l'optimisation et la méthode des algorithmes génétiques, qui est la méthode d'optimisation utilisée dans ce travail.

Par contre, le troisième chapitre contient le réseau test étudié (SMIB). Les résultats des différentes simulations et leurs interprétations

Enfin, nous terminerons ce travail par une conclusion générale.

Chapitre 1

Stabilité de réseau

électrique



Introduction :

Dans ce chapitre, on s'intéresse l'étude de la stabilité des réseaux électriques où on a bordera les types de stabilité et les équations gérant cette dernière et les moyennes de son amélioration et en partie culier l'insertion du l'élément de commande dit PSS.

1.1. Définition :

Il se trouve qu'il y a plusieurs définitions de la stabilité mais la plus simple et expressive est : La stabilité d'un système de puissance est la capacité d'un système d'énergie électrique, pour une condition de fonctionnement initiale donnée, de retrouver le même état ou un autre état d'équilibre proche après avoir subi une perturbation physique, en gardant la plupart des variables de système dans leurs limites, de sorte que le système entier reste pratiquement intact. .

1.2. Les différents types de la stabilité de système de puissance :

L'instabilité d'un réseau électrique peut être causée par de nombreux facteurs comme il est précisé précédemment Pour analyser et résoudre les problèmes d'instabilité dans les systèmes de puissance, il est indispensable de regrouper les différents groupes de stabilité. Cette classification de la stabilité est basée sur les considérations suivantes [KUN 94] :

- la nature physique de l'instabilité résultante.
- l'amplitude de la perturbation.
- la plage de temps nécessaire pour assurer la stabilité.
- les dispositifs et les processus nécessaires pour assurer la stabilité.

Habituellement, la stabilité est divisée en trois groupes, à savoir [MES 04] :

- la stabilité de l'angle de rotor.
- la stabilité de tension.
- la stabilité de fréquence.

La figure 1.1 présente ces principales catégories de stabilité d'un système de puissance et leurs sous-catégories :

- ✓ Le troisième chapitre présente le réseau test étudié (réseau multi machines interconnecté).
- ✓ Son objectif est d'améliorer l'amortissement des oscillations électromécaniques (associées aux modes globaux et locaux). Pour ce faire, nous proposons une optimisation globale des paramètres, de la localisation et du nombre des PSS nécessaires pour assurer

une performance robuste. Nous avons aussi analysé la réaction du système (en modèle linéaire et non-linéaire) lors de l'application de plusieurs scénarios sévères (analyse et discussion des résultats).

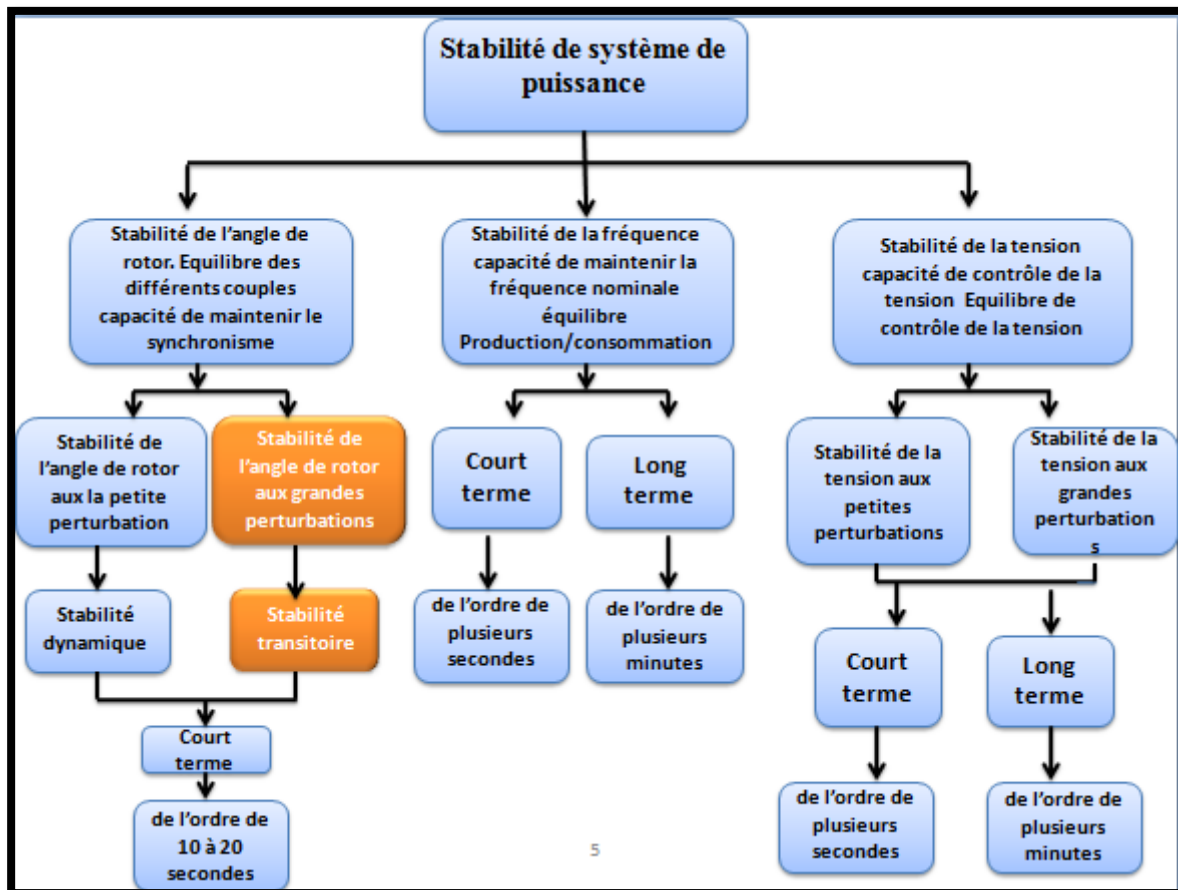


Figure1. 1: Classification des différents types de la stabilité de système de puissance

1.3. Classification des différents types de la stabilité de système de puissance :

1.3.1. Stabilité de l'angle de rotor :

Quand le système est perturbé, la puissance électrique de la machine varie rapidement, mais la variation de puissance mécanique fournie à la machine est relativement lente. En raison de cette différence de vitesse de réponse, un écart temporaire d'équilibre de puissance a lieu, Par conséquent, ce déséquilibre de puissance entraîne une variation des couples agissant sur le rotor, Ceci entraîne une accélération ou décélération du rotor selon le sens du déséquilibre, en entraînant une perte de synchronisme du générateur avec le reste du système[BSA 05], Si l'équilibre de puissance n'est pas rétabli, la machine est mise hors service par une protection de survitesse ou de perte de synchronisme, et la stabilité du système est mise en danger , Suite à une

perturbation, le facteur principal qui détermine l'évolution de l'état du système est l'écart entre les angles de rotor, Nous pouvons dire que les angles de rotor d'un système de puissance peuvent évaluer selon deux scénarios [AND03] :

- Soit, les angles de rotor s'accroissent ensemble et oscillent à l'unisson, Ils peuvent éventuellement atteindre de nouvelles valeurs stables, Tant que les écarts entre les angles de rotor restent constants, le système reste stable et il demeure au synchronisme.
- Soit, un ou plusieurs angles du rotor s'accroissent plus rapidement que les autres, Alors, les écarts entre les angles de rotor divergent dans le temps, Le système devient par conséquent instable et il perd le synchronisme.

La stabilité angulaire, ou stabilité d'angle rotor que, se rapporte aux capacités des machines synchrones d'un réseau électrique interconnecté à rester dans le synchronisme après avoir été soumis à une perturbation [LAS 88].

Elle dépend de la capacité de maintenir ou restaurer l'équilibre entre le couple mécanique et le couple électromagnétique de chaque machine synchrone, L'instabilité, qui peut résulter, se produit sous forme d'augmentation d'oscillation angulaire de quelques générateurs menant à leur perte du synchronisme avec d'autres générateurs.

Selon l'amplitude de la perturbation, on parle de la stabilité angulaire à la petite perturbation (**stabilité dynamique**) ou la grande perturbation (**stabilité transitoire**).

1.3.2. Stabilité angulaire aux petites perturbations (**stabilité dynamique**) :

La stabilité angulaire aux petites perturbations (**stabilité dynamique**) concerne la capacité du système à maintenir le synchronisme en présence de petites perturbations comme, une petite variation de la charge ou de génération, manœuvre d'équipement, etc. L'instabilité résultante se manifeste sous forme d'un écart croissant, oscillatoire ou non oscillatoire, entre les angles de rotor.

La stabilité aux petites perturbations dépend du point de fonctionnement d'équilibre initial du système ainsi que des caractéristiques dynamiques du système. Contrairement à la stabilité transitoire, elle ne dépend pas de niveaux de perturbations, car celles-ci sont arbitraires et infiniment petites [CUS 02].

Pour des petites perturbations, la variation de puissance reste approximativement proportionnelle à la variation de l'angle Des exemples typiques des petites perturbations peuvent être donnés par des variations de niveau de 10 % de la puissance mécanique appliquée à une machine du système ou sur sa charge [AND 03].

L'analyse d'un tel système peut être accomplie par la linéarisation du système d'équations différentielles non linéaires, La stabilité du système peut être évaluée par l'analyse des valeurs propres de la matrice d'état du système [IEE 04, LAS 88, GHO 03].

1.3.3. Stabilité angulaire aux grandes perturbations (stabilité transitoire) :

La stabilité transitoire d'un réseau de transport d'énergie électrique est son aptitude à retrouver une position d'équilibre stable après une perturbation brusque et de forte amplitude. Cette perturbation peut écarter notablement le réseau de sa position initiale. L'instabilité transitoire se manifeste par les grandes variations apériodiques des angles du rotor et dépend de la relation non linéaire couples angles.

Si l'instabilité se manifeste directement suite à la perturbation, elle est appelée instabilité de première oscillation (First Swing Instabilité), (cas 1, figure 1.2), et elle s'étend sur 3 à 5 secondes, comme elle peut résulter de la superposition des effets de plusieurs modes d'oscillation lents excités par la perturbation, provoquant ainsi une variation importante de l'angle de rotor au-delà de la première oscillation (instabilité de multi-oscillations), (cas 2, figure(1.3)) [ALK 93 ,HAM 13]

- Instabilité de première oscillation :

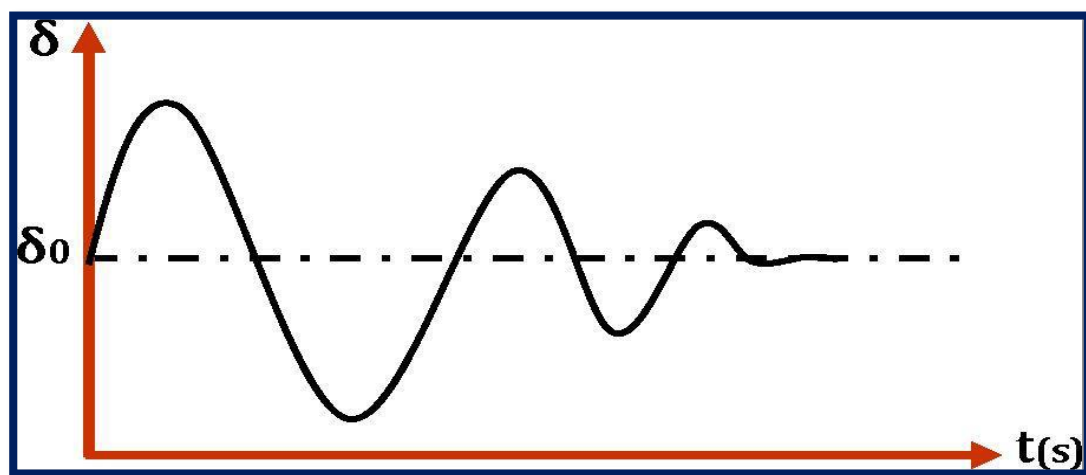


Figure1. 2: Cas 1(Instabilité de première oscillation)

- Instabilité de plusieurs oscillations :

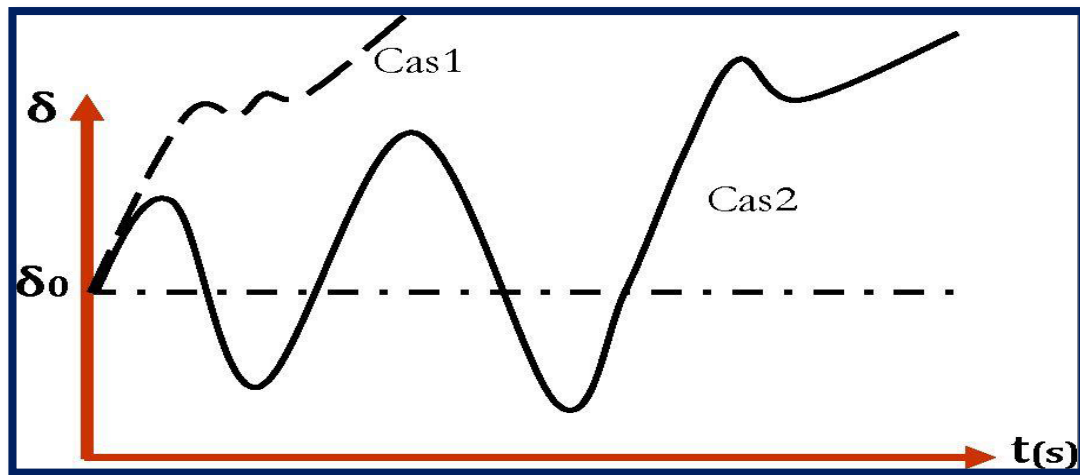


Figure1. 3: Cas 2(Instabilité de plusieurs oscillations)

Le concept de stabilité transitoire peut être expliqué par une approche graphique simple, à savoir le critère d'égalité des aires.

Cette approche regroupe l'équation du mouvement et la courbe (P- δ) traditionnelle représentant la relation entre la puissance produite par le générateur et l'angle de rotor [BRO 00]. Pour expliquer cette approche, nous prenons un système de puissance simple constitué d'un générateur synchrone connecté à un jeu de barre infini via une ligne de transmission, figure 4 . Le générateur est modélisé par une source de tension idéale E_g en série avec une réactance X_g (modèle classique). La ligne et le transformateur sont représentés par la réactance X_E

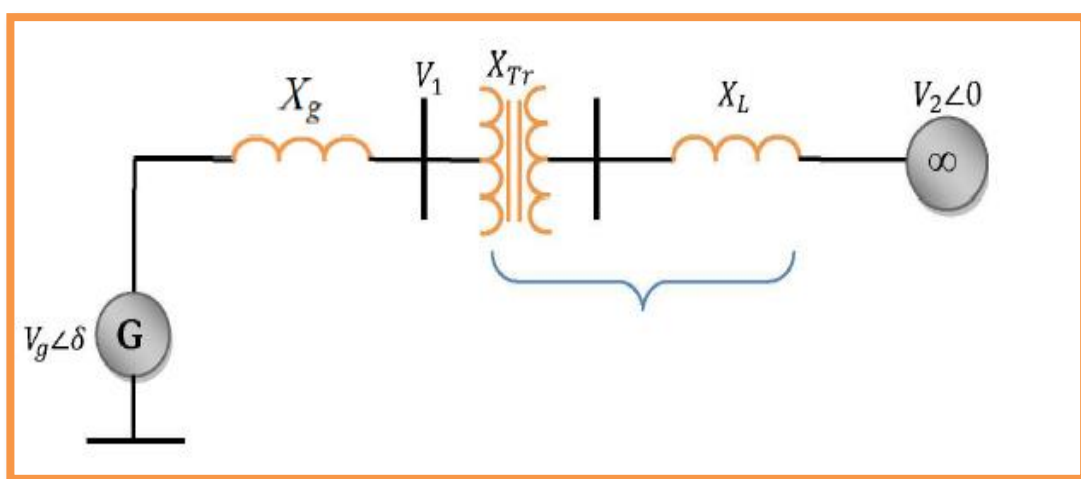


Figure1. 4: générateur synchrone connecté à un jeu de barres infini

1.4. Equation de mouvement :

Dans le problème de la stabilité et notamment la stabilité transitoire, on s'intéresse généralement aux propriétés mécaniques des générateurs.

Dans le fonctionnement à l'état d'équilibre, toutes les machines synchrones du système tournent à la même vitesse angulaire électrique. Le couple mécanique C_m est de même sens que le sens de la rotation de l'axe du générateur.

Le couple électrique est de sens opposé à la rotation et ce couple équilibre le couple mécanique.

Lors d'une perturbation, un ou plusieurs générateurs peuvent être accélérés ou ralentis et il y a donc risque de perdre le synchronisme. Ceci peut avoir un impact important sur la stabilité du système et les générateurs perdant le synchronisme doit être débranché, sinon ils pourraient être sévèrement endommagés [MES 04].

Pour un système multi machines, s'il y a un déséquilibre des couples agissants sur le rotor de la i ème machine, cette dernière va accélérer ou ralentir selon l'équation du mouvement suivante :

$$\Delta \dot{\omega}_i = 1/2H_i (T_{mi} - T)$$

L'équation de l'angle de l'angle rotor que de i ème machine est donné par :

$$\delta_i = \omega_S (\Delta \omega_i - 1)$$

$\Delta \dot{\omega}_i$: Déviation de la vitesse angulaire du rotor d' i ème machine (pu).

ω_S : vitesse de synchronisme (rad/s).

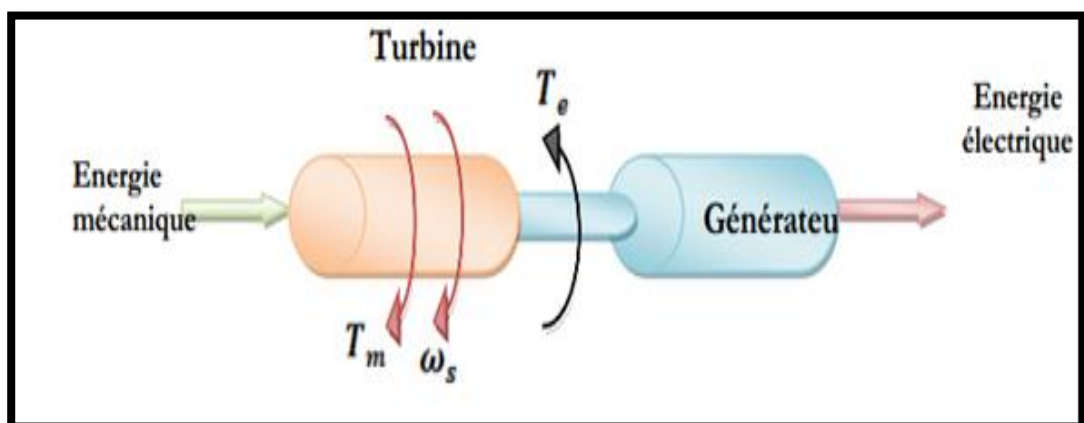


Figure1. 5: Représentation des couples mécanique et électrique

1.4.1. Relation (P- δ) :

Dans l'état équilibré, la puissance produite par le générateur P_e est donnée par l'équation

$$\text{Suivante } P_e = \frac{E_g \cdot E_0}{x_g \cdot x_E} \cdot \sin \delta \quad (1)$$

Où, δ , l'angle de rotor (dit ici, l'angle de puissance), est le déphasage entre la tension interne du générateur (E_g) et la tension du jeu de barre infini (E_0). L'équation (1.1) est représentée graphiquement par la figure (3).

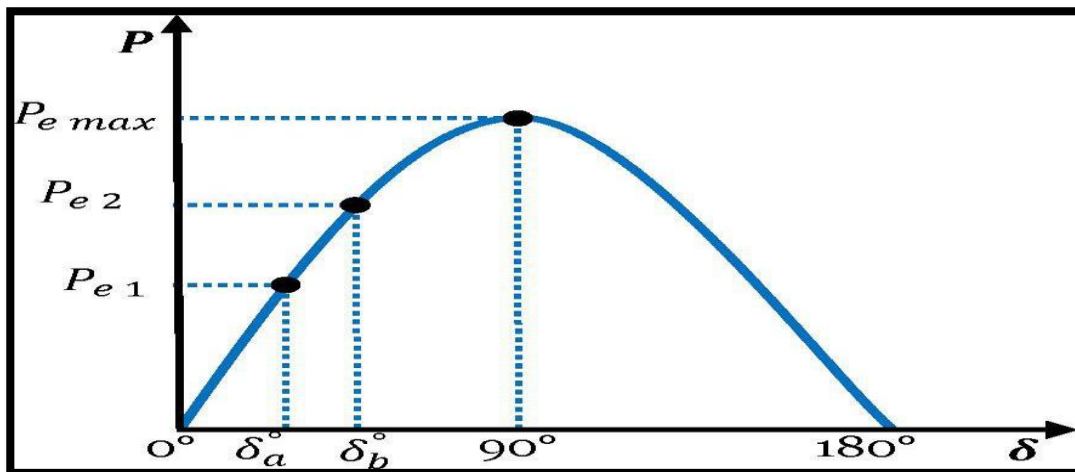


Figure1. 6: Relation puissance- angle de rotor. $P = f(\delta)$

Lors de l'équilibre, la puissance électrique P_{e1} est égale à la puissance mécanique appliquée pour l'angle correspondant δ_a . Un brusque changement sur la charge du générateur entraîne une variation de la puissance mécanique, et par conséquent de la puissance électrique, par exemple de P_{e1} à P_{e2} , figure (1.6).

Le rotor va donc accélérer de sorte que l'angle de puissance augmente, de δ_a à δ_b , pour pouvoir fournir une puissance supplémentaire à la charge. Cependant, l'accélération du rotor ne peut pas s'arrêter instantanément. Ainsi, bien que la puissance développée pour l'angle δ_b soit suffisante pour la charge, le rotor va dépasser l'angle δ_b jusqu'à ce qu'un couple opposé suffisant soit développé pour arrêter cette accélération. L'énergie supplémentaire va entraîner le ralentissement du rotor et la diminution de l'angle de puissance. Suivant l'inertie et l'amortissement du système, les oscillations de l'angle de rotor résultant vont ou s'amortir, et la machine restera stable (cas 1, figure 7), ou diverger, et la machine deviendra instable en perdant le synchronisme avec le système (cas 2, figure 7).

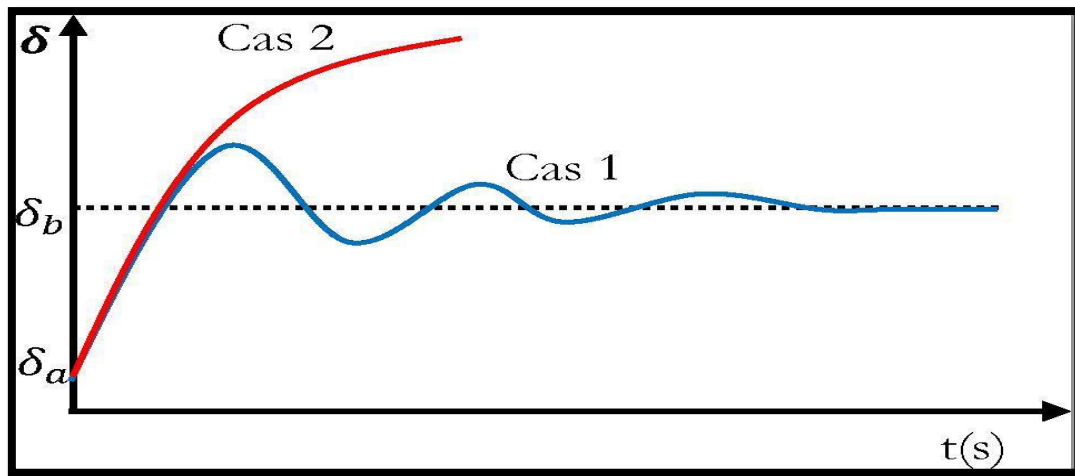


Figure1. 7: Variation d'angle de rotor.

1.4.2. Critère d'égalité des aires :

Considérons un défaut, tel un défaut sur la ligne de transmission, appliqué au système précédent disparaissant après quelques périodes du système. Ceci va modifier l'écoulement de puissance et, par conséquent, l'angle de rotor δ . Retraçons la courbe (P - δ) en tenant compte de ce défaut, figure (8). En dessous de cette courbe, nous pouvons considérer deux zones,

[GHO 03]:

- La première zone (zone A_1 , zone d'accélération) se situe au-dessous de la droite horizontale correspondante au point de fonctionnement initial (la droite de charge). Elle est limitée par les deux angles de rotor (δ_0 et δ_1) correspondants à l'apparition et à la disparition de défaut. Cette zone est caractérisée par l'énergie cinétique stockée par le rotor du fait de son accélération : $P_m < P_e$.
- La deuxième zone (zone A_2 , zone de décélération), qui commence après l'élimination du défaut, se situe en dessus de la droite de charge : elle est caractérisée par la décélération du rotor : $P_m < P_e$.
- Si le rotor peut rendre dans la zone A_2 toute l'énergie cinétique acquise durant la première phase, le générateur va retrouver sa stabilité. Mais si la zone A_2 ne permet pas de

restituer toute l'énergie cinétique, la décélération du rotor va continuer jusqu'à la perte de synchronisme.

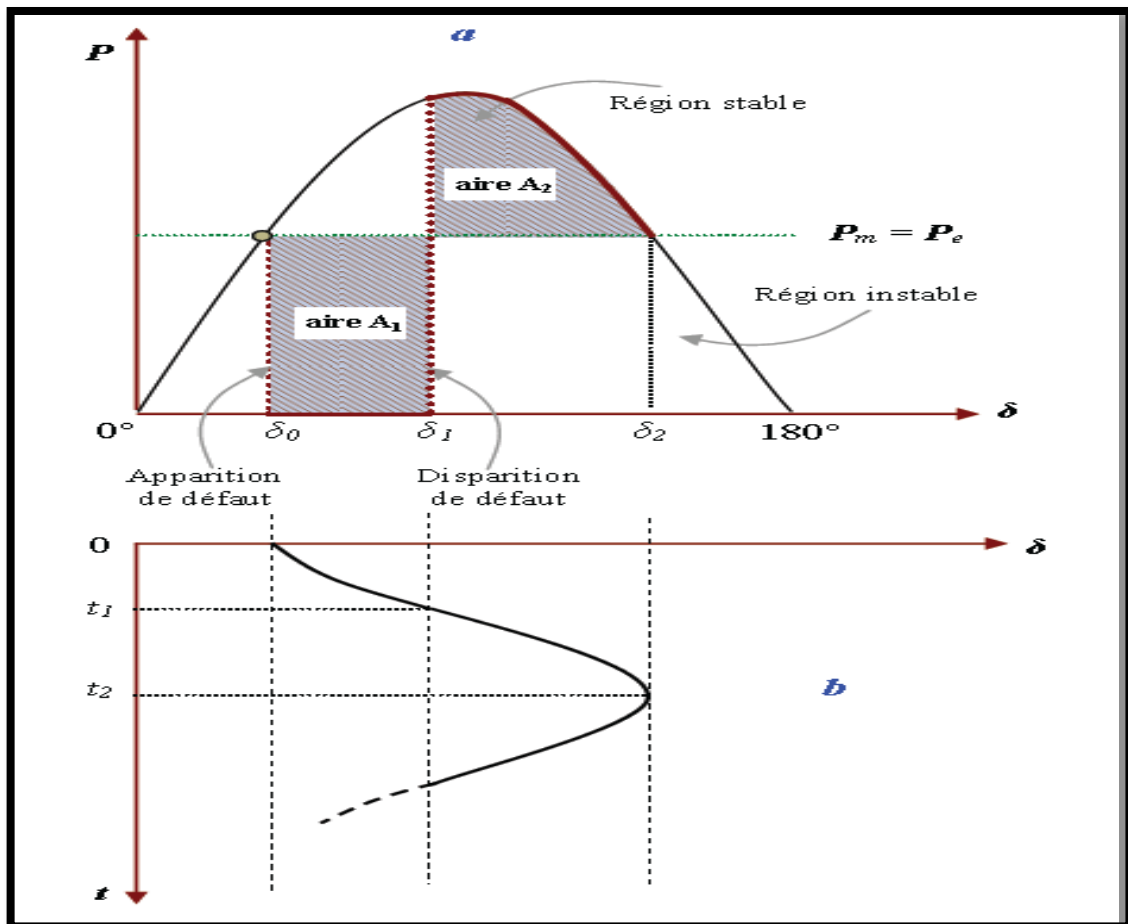


Figure1. 8: Courbes (a : puissance-angle) et (b : variation d'angle de rotor) du générateur suite à un défaut de transmission

La relation entre les aires des zones (A_1 et A_2) et la stabilité transitoire peut être mathématiquement expliquée comme suit : Rappelons tout d'abord que l'équation du mouvement de générateur est donnée par la relation suivante :

$$\frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{\omega_0}{2H} (P_m - P_e) \tag{2}$$

H : la constante d'inertie. ω_0 : la vitesse de synchronisme

P_m : la puissance mécanique fournie au générateur.

P_e : la puissance électrique du générateur.

En multipliant cette équation par $2 \frac{d\delta}{dt}$, en intégrant par rapport au temps et en faisant un changement de variables, nous obtenons :

$$\left(\frac{d\delta}{dt}\right)^2 + C_{et} = \int \omega_0 (P_m - P_e) d\delta \quad (3)$$

δ_0 : l'angle de rotor, initial, à l'instant de l'application de défaut.

δ_2 : l'angle de rotor à la fin de la période transitoire.

Ainsi, lorsque : $t = 0 \Rightarrow \delta = \delta_0, \frac{d\delta}{dt} = 0 \Rightarrow$ la constante $C_{et} = 0$.

Après l'élimination du défaut, l'angle δ va s'arrêter de varier et le générateur va retrouver sa vitesse de synchronisme, lorsque $\frac{d\delta}{dt} = 0$.

Par conséquent, l'équation(8) s'écrit comme suit :

$$\int_{\delta_0}^{\delta_2} (P_m - P_e) d\delta = 0 \quad (4) \Rightarrow \int_{\delta_0}^{\delta_1} (P_m - P_e) d\delta + \int_{\delta_1}^{\delta_2} (P_m - P_e) d\delta = 0 \quad (5)$$

Où : δ_1 est l'angle de rotor à l'instant de l'élimination de défaut.

$$\Rightarrow A_1 - A_2 = 0 \quad (6)$$

Ainsi, la limite de la restauration de la stabilité transitoire se traduit mathématiquement par l'égalité des aires de la zone A_1 et de la zone A_2 : cette condition est appelée critère d'égalité des aires.

Par conséquent, les contrôleurs de la stabilité transitoire peuvent améliorer la stabilité soit en diminuant la zone d'accélération (zone A_1), soit en augmentant la zone de décélération (zone A_2). Cela peut être réalisé soit en augmentant la puissance électrique, soit en diminuant la puissance mécanique. En outre, un système statique d'excitation avec une tension maximale

Élevée et d'un régulateur de tension possédant une action "puissante" et rapide représente un moyen très efficace et économique pour assurer la stabilité transitoire [CIG 99]. Enfin, une amélioration significative de la stabilité transitoire est obtenue avec des systèmes très rapides de détection des défauts et de disjoncteurs.

1.5. Temps critique d'isolement de défaut (TCID) :

C'est le paramètre le plus décisif dans l'analyse de la stabilité transitoire d'un réseau électrique, mathématiquement c'est la solution de l'équation différentielle de second ordre non linéaire connue sous le nom de Swing équation ou équation de mouvement.

Physiquement, il représente le temps maximal durant lequel notre réseau peut supporter un défaut (court-circuit, surcharge, surtension surintensité,...) sans perdre sa stabilité.

Bien que le temps critique d'isolement de défaut ait une valeur très petite (quelques centaines de millisecondes), il est d'une grande importance car il peut nous éviter un déchirement de réseau et par suite un redémarrage de turbine qui peut durer 48 heures dont les conséquences sont la non alimentation de plusieurs abonnés et l'atteinte de la crédibilité de l'entreprise de fourniture d'électricité outre les dégâts économiques et sociales [SAL 00].

La méthode Dichotomique (parts égales) recherche le TCID en réalisant plusieurs simulations numériques successives dans un intervalle de temps de recherche choisi en le divisant en deux à chaque itération. Cette procédure itérative donne sans aucun doute la valeur la plus précise du TCID. Mais le nombre de simulation et le temps de calcul sont très importants [THA 08].

1.6. Stabilité de tension :

La stabilité de tension est la capacité d'un réseau électrique de maintenir la tension de fonctionnement normal dans les limites admissibles à tous les jeux de barres, après avoir été soumis à une perturbation, pour une condition de fonctionnement initiale donnée. Le facteur principal qui cause l'instabilité est l'inaptitude du système électrique de satisfaire la demande de la puissance réactive. L'instabilité résultante peut se produire sous forme de chute progressive ou élévation de la tension de quelques jeux de barres. Les résultats possibles de l'instabilité de tension sont la perte de la charge dans un secteur, ou déclenchement des lignes

de transmission et même d'autres éléments, par leurs systèmes de protection à des pannes en cascades. Il est démontré que la majorité des blackouts sont causés par l'instabilité de tension [LAS 88].

Plusieurs changements dans le système de puissance peuvent contribuer à l'instabilité de tension, ce sont par exemple [MES 04]:

- une augmentation de charge : des générateurs, des condensateurs synchrones, ou des SVCS (Statice Var Compensatoire systèmes) qui atteignent les limites de puissance réactive
- une panne de générateur, une perte d'une charge importante ou un déclenchement de ligne :
- une perte d'une source de puissance réactive (condensateurs, machines synchrones,...).

Il est important de noter que l'instabilité de tension ne se produit pas toujours toute seule. Souvent, l'instabilité de tension et l'instabilité de l'angle de rotor se produisent ensemble, l'une pouvant entraîner l'autre. Selon l'amplitude de la perturbation, on distingue la stabilité de tension de petites perturbations et celle de grandes perturbations.

1.6.1. Stabilité de tension vis-à-vis des petites perturbations :

La stabilité de tension de petites perturbations concerne la capacité du réseau électrique à maintenir la tension dans les limites permises en présence de perturbations telles que : une variation faible de la charge, de la production, .etc.

1.6.2. Stabilité de tension vis-à-vis des grandes perturbations :

Elle est définie comme étant la capacité du réseau électrique à maintenir les tensions des nœuds dans les limites de fonctionnement permises en présence des grandes perturbations à savoir la perte d'équipement de transport ou de production, le court-circuit,... .etc.

1.7. Stabilité de fréquence :

La stabilité de la fréquence d'un système de puissance se définit par la capacité du système de maintenir sa fréquence proche de la valeur nominale suite à une perturbation sévère menant par conséquent à un important déséquilibre, entre les puissances produite et consommée.

Le maintien de la fréquence à une valeur nominale dans un système de puissance est lié à l'équilibre global entre les puissances actives produites et consommées (y compris les pertes). Autrement dit, suite à certaines perturbations, l'équilibre global des puissances produites consommée peut être déséquilibré : ce déséquilibre entraîne alors une variation de fréquence. L'énergie cinétique stockée dans les pièces tournantes des machines synchrones et autres machines électriques tournantes peut éventuellement compenser ce déséquilibre. Si ce dernier n'est pas trop grand, les générateurs participant à la commande de fréquence régleront la puissance active fournie à travers leurs réglages secondaires fréquence-puissance et ramèneront ainsi l'écart de fréquence à des valeurs acceptables. Par ailleurs, si le déséquilibre est trop grand, l'écart de fréquence sera significatif avec des graves conséquences (effondrement complet du système), [AND 06] les variations de la fréquence, Le temps qui caractérise les processus et les dispositifs actifs, s'étend de la fraction de secondes à plusieurs minutes, Par conséquent, la stabilité de la fréquence peut être un phénomène à court ou à long terme.

1.8. Stabilité transitoire :

Lorsqu'il y a une perturbation majeure sur le réseau et que le réseau retrouve son mode de fonctionnement normal après la perturbation, alors le réseau est dit transitoirement stable.

Les perturbations majeures sont les courts-circuits, les pertes de lignes, les bris d'équipements majeurs comme les transformateurs de puissance et les alternateurs [HIN 00] [PAS 98].

Si on prend en compte ces diverses définitions et les différentes perturbations sur le réseau, on comprend que la stabilité dynamique et la stabilité transitoire sont intimement reliées au niveau de stabilité en régime permanent. En effet, le niveau de stabilité en régime permanent doit être le plus élevée possible; lors d'une perturbation sur le réseau, un court circuit de quelques cycles par exemple, l'appel de puissance durant la perturbation et lors des instants qui suivent l'élimination du défaut ne doit pas atteindre la limite de stabilité en régime permanent sinon le synchronisme risque d'être perdu. Dans ce cas, le réseau sera transitoirement instable. Plus la limite de stabilité en régime permanent n'est élevée, plus la stabilité dynamique et la stabilité transitoire est accrue. Une limite de stabilité en régime permanent la plus élevée possible permet également de continuer à alimenter la charge lorsqu'un équipement majeur, comme alternateur [BAR 97], devient hors service

1.9. Différents méthode d'amélioration de la stabilité d'un réseau électrique :

La compensation est une technique de la gestion d'énergie réactive afin d'améliorer la qualité énergétique dans les réseaux électriques à courant alternatif.

Elle peut se réaliser de plusieurs manières, ayant pour buts :

- La correction du facteur de puissance
- Amélioration de la régulation de la tension
- Equilibre des charges

L'aide au retour à la stabilité en cas de perturbation. La meilleure conception du stabilisateur du système d'alimentation, pour être capable d'adapter chaque variation en fonction de l'évolution de l'état de fonctionnement, peut être réalisée par auto-optimisation [SEB 09], comme les méthodes de commande adaptative basées sur Lyapunov [RAM 10] pour la conception du PSS. Pour ce type de méthodes, il est nécessaire d'avoir une connaissance approfondie de la dynamique du système électrique et de disposer d'un long temps de traitement [SAM 14].

1.10. Causes d'instabilité

Les phénomènes électriques qui influencent la stabilité d'un réseau sont généralement liés à des variations de puissance. Naturellement, toutes les perturbations liées à l'exploitation d'un réseau peuvent devenir source d'instabilité du fait des impacts de tension ou de courant qu'ils produisent.

Néanmoins, d'autres causes plus "structurelles" peuvent augmenter les risques de départs d'instabilités. Ainsi, les charges à puissance constante sont susceptibles de donner naissance à une instabilité, tout comme les convertisseurs ayant un filtre d'entrée LCL.

Enfin, l'interconnexion de plusieurs charges sur un même bus peut aussi générer des instabilités.

1.11. Définitions les PSS (Power System Stabiliser)

Le nom du Stabilisateur type PSS (Power System Stabiliser) est devenu le moyen le plus répandu pour l'amélioration de l'amortissement des oscillations basse fréquence dans les réseaux électriques (l'amélioration de stabilité dynamique et statique). La puissance de sortie d'un générateur est déterminée par le couple mécanique. Cependant cette dernière peut varier par l'action du champ d'excitation de l'alternateur. Le PSS étant ajouté, il détecte la variation de la puissance de sortie électrique et contrôle l'excitation de manière à amortir rapidement les oscillations de puissance [LAR 81].

Un PSS permet d'ajouter un signal de tension proportionnel à la variation de vitesse de dans l'entrée du régulateur de tension (AVR) du générateur. Par conséquent, l'ensemble du système de contrôle d'excitation (AVR et PSS) doit assurer les points suivants [AND 11] :

- Supporter les premières oscillations faisant suite à une grande perturbation.
- Assurer la stabilité transitoire du système.
- Maximiser l'amortissement des oscillations électromécaniques
- Minimiser la probabilité d'effets défavorables

Aussi comprend control optimal, control adaptative, control à structure variable et control intelligent lesquels sont développée [ANT 00] [SID 07] [ALI 11].

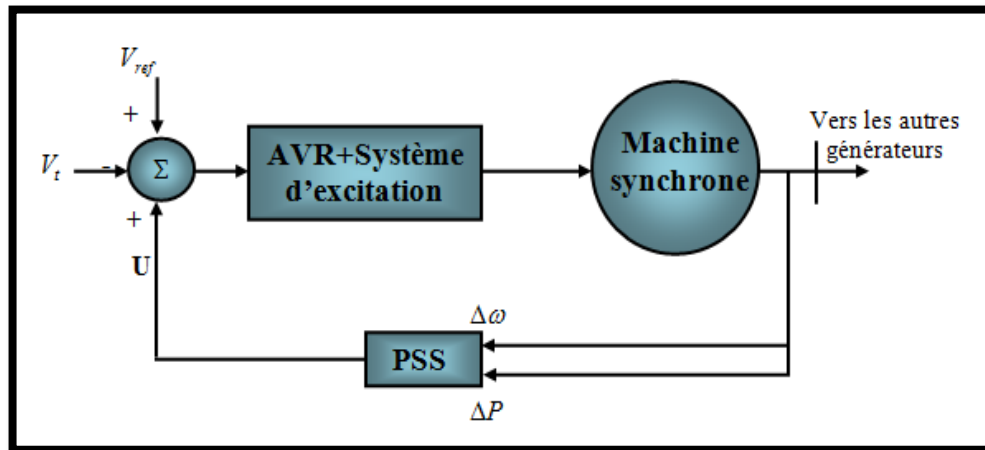


Figure1. 9: l'ensemble du système de contrôle d'excitation (AVR et PSS)

1.11.1. Nouveaux types de PSS :

Avec le développement de la technologie des semi conducteurs, de nouveaux algorithmes sont maintenant implantés, et ceci pour remplacer les PSS analogiques par des dispositifs à commande intelligente, à titre d'exemple :

- Remplacement du PSS par un réseau de neurones artificiels [WEN 03] [HUS 91]
- Remplacement du PSS par un contrôleur à base de la logique des ensembles flou ; Polaire comme dans [MET 96], et de Madani ou segno comme dans [MET 96] [SEB 05]

1.11.2. Utilisation des PSS :

Les stabilisateurs de puissance (PSS, Power System Stabiliser) qui sont des systèmes simples et faciles à installer, pratiques, efficaces et moins chers. Ils sont les plus utilisés essentiellement pour réduire les problèmes liés aux oscillations locales et interrégionales. .

1.11.3. Les différentes configurations de PSS :

Le type d'un PSS peut être identifié par la nature de son signal d'entrée. Les plus répandus sont ceux ayant comme signal d'entrée la variation de la puissance ΔP . Cependant, récemment, des signaux d'entrée comme $\Delta\omega$ (variation de la vitesse) et/ou Δf (variation de la fréquence) sont, adoptés pour améliorer la stabilité des modes interzones vu l'augmentation sans cesse grandissante des interconnexions dans les réseaux électriques.

Le choix du type de PSS à adopter est en fonction des oscillations et modes à amortir. Le Tableau .1 résume ces cas d'application. Lorsqu'il s'agit de modes locaux, c'est le PSS type ΔP qui est recommandé, sinon s'il s'agit de modes interzones c'est le PSS type qui doit être inséré [NES 08] [LAR 81]

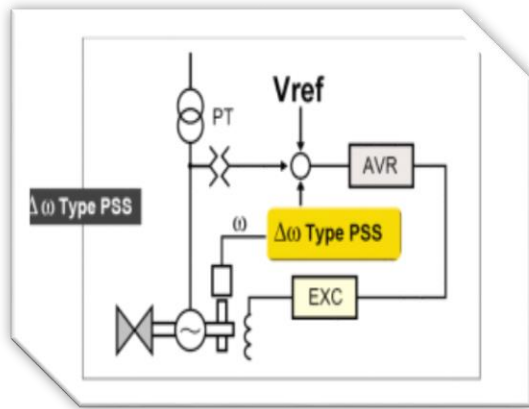


Figure1. 10:PSS type $\Delta\omega$

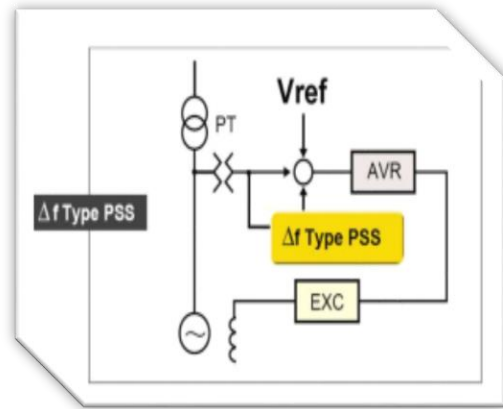


Figure1. 11:PSS type Δf

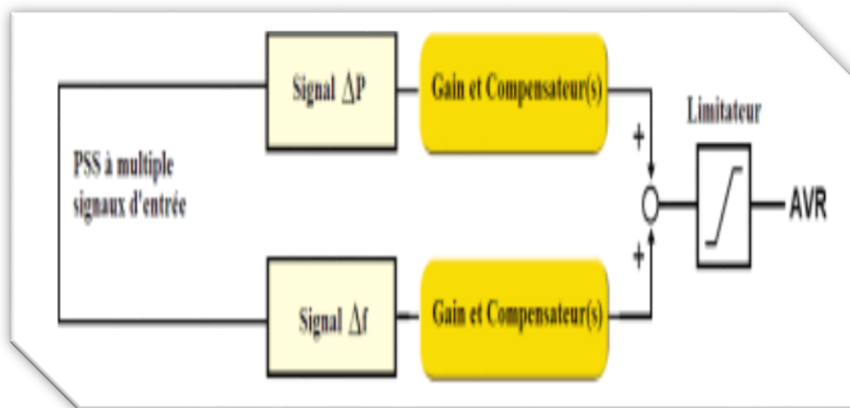


Figure1. 12:PSS a multiple signaux d'entrée Δf et ΔP

Tableau 1. 1: choix du type le PSS

Mode	Nature du mode	Type du PSS
Local	La machine oscille seule avec l'intégrité du réseau Fréquence au voisinage de 1 Hz	PSS a entrée unique (Δf (ou Δw) et Δp) Mais le plus recommande est PSS type Δp
Interzone (a cycle long)	Deux ou plusieurs zones oscillent avec un transit de puissance très grand. Fréquence entre 0,2 a 0,5 Hz	PSS a entrée unique (Δf (ou Δw) et Δp) Mais le plus recommande est PSS type Δf (ou Δw)
Complexe	Des modes de nature locale et interzone	PSS a entrée multiple (Δf (ou w) et Δp)

1.11.4. Modèle du PSS

Le type de PSS le plus utilisé est connu sous le nom de PSS conventionnel (ou PSS avance/retard). Ce type a montré sa grande efficacité dans le maintien de la stabilité aux petites perturbations.

Ce PSS utilise la variation de vitesse de rotor comme entrée. Il se compose généralement de quatre blocs, figure (1.10) [ALK 93] [RAF 11] :

- un bloc d'amplificateur.
- un bloc de filtre passe-haut "filtre washout".
- un bloc de compensation de phase.
- un limiteur.

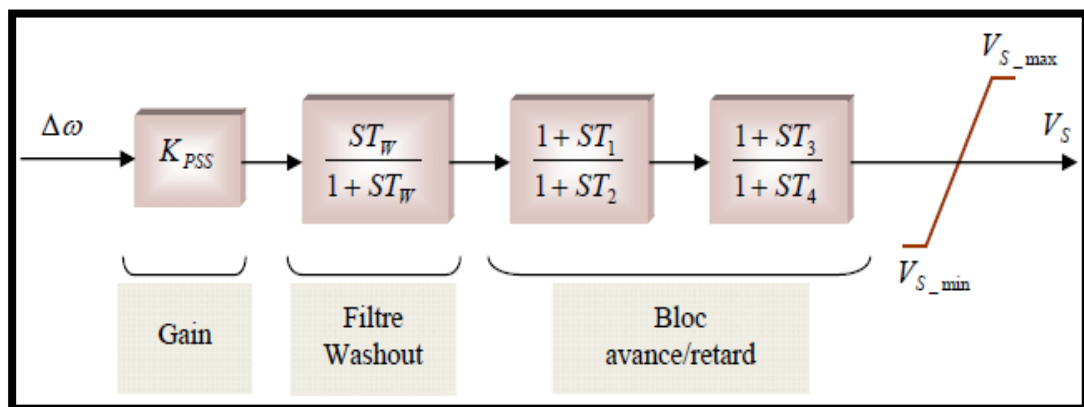


Figure1. 13: Modèle le PSS du conventionnel

1.11.4.1. L'amplificateur :

KPSS varie de 0.01 à 50, idéalement sa valeur (KPSS) doit correspondre à l'amortissement maximal. La valeur du gain doit satisfaire l'amortissement des modes dominants du système sans risquer de dégrader la stabilité des autres modes ou la stabilité transitoire [ZIA 13].

1.11.4.2. Le filtre passe-haut "filtre washout" :

Il élimine les oscillations à très basse fréquence. La constante de temps de ce filtre (TW) doit être suffisamment grande pour permettre aux signaux, dont la fréquence est située dans la bande utile, d'être transmis sans atténuation. Mais, elle ne doit pas être trop grande pour éviter de mener à des variations indésirables de tension de générateur pendant les conditions d'îlotage. Généralement, TW varie de 1 à 20 secondes [FOU 93] [IEE 90]. TW fixée à 10 secondes.

1.11.4.3. Bloc de compensation de phase :

Composé de deux avance/retard de phase compensatrice comme montre la figure (1.10). L'avance de phase est utilisé pour compenser le retard de phase introduit entre le couple électrique du générateur et l'entrée du système d'excitation. Les constantes de temps d'avance (T1, T3) et de retard (T2, T4) étant réglables. La gamme de chaque constante de temps s'étend généralement de 0.01 à 6 secondes.

1. 11.4.4. Le limiteur :

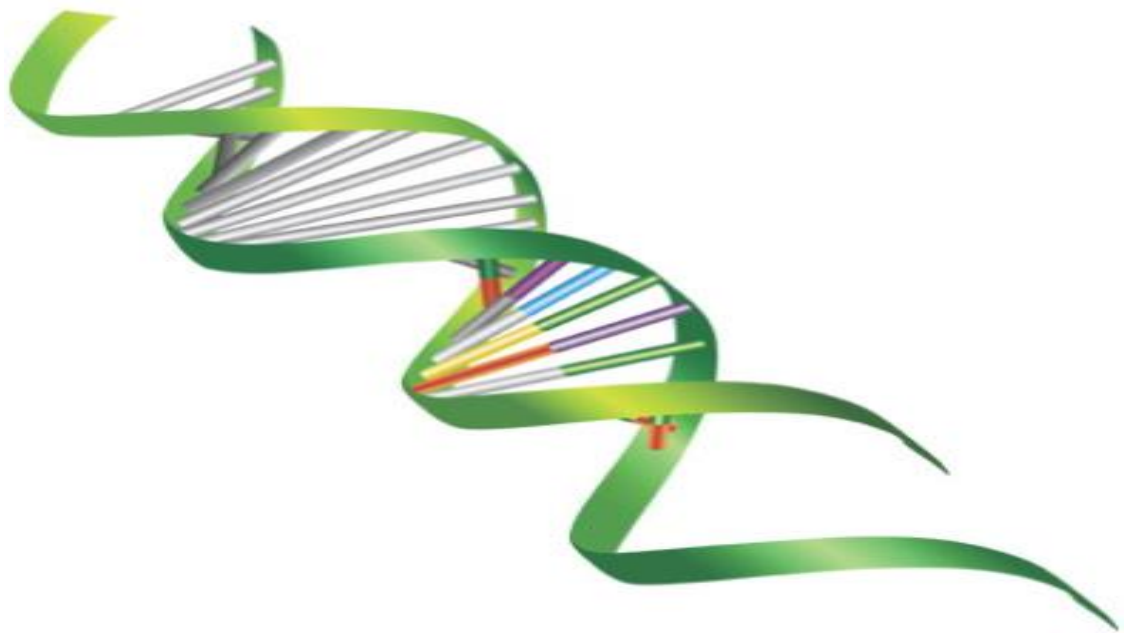
Le PSS est d'un limiteur afin de réduire son influence indésirable durant les phases transitoires. Les valeurs minimales et maximales du limiteur s'étendent de ± 0.02 à 0.1 per-unit [ZIA 13]

- **Conclusion**

Après avoir une idée claire sur le comportement dynamique assurant la stabilité du réseau et le rôle important du PSS dans l'amélioration de cette stabilité, le prochain chapitre abordera la méthode d'optimisation adoptée pour le choix optimal des paramètres du PSS.

Chapitre 2

Optimisation et Algorithmes *Génétiques*



Introduction :

Les problèmes d'optimisation occupent actuellement une place de choix dans la communauté scientifique. Non pas qu'ils aient été un jour considérés comme secondaires mais l'évolution des techniques informatiques a permis de dynamiser les recherches dans ce domaine.

Dans ce chapitre, nous allons survoler le principe de l'optimisation en général mais en se basant sur les algorithmes génétique, vu qu'ils représentent la méthode qu'on veut appliquer dans ce mémoire.

2.1. Définition de base :

Avant d'entamer les concepts de base de l'optimisation multi-objective, il est préférable de donner un bref aperçu sur l'optimisation mono-objectif. Noter bien que les définitions présentées sont liées à un problème d'optimisation de minimisation.

2.2. Définition de l'optimisation :

Un problème d'optimisation se définit comme la recherche du minimum ou du maximum (de l'optimum) d'une fonction donnée. On peut aussi trouver des problèmes d'optimisation pour les quelles les variables de la fonction à optimiser sont contraintes d'évoluer dans une certaine partie de l'espace de recherche.

Donc optimiser, revient à minimiser ou maximiser une fonction en respectant certaine condition préalable. Cette fonction dite « Objectif » peut être un cout (minimiser), profit (maximiser), production (maximiser). Les fonctions objectifs sont diverses ainsi que les contraintes (conductions) selon le problème à optimiser.

Dans l'analyse de réseaux électrique plusieurs fonctions peuvent être optimisées comme l'indique le tableau suivant:

2.2.1. Fonction Objective :

C'est le nom donné à la fonction f (on l'appelle aussi fonction de coût ou critère d'optimisation). C'est cette fonction que l'algorithme d'optimisation va devoir optimiser (trouver un optimum)

2.2.2. Variables de décision :

Elles sont regroupées dans le vecteur \vec{x} . C'est en faisant varier ce vecteur que l'on recherche un optimum de la fonction f .

2.2.3. Définition Contrainte :

Définit des conditions sur l'espace d'état que les variables doivent satisfaire. Ces contraintes sont souvent des contraintes d'inégalité ou d'égalité et permettent en général de limiter l'espace de recherche.

2.3. Définition des AG :

Les algorithmes génétiques (AG) sont des techniques de recherche et d'optimisation stochastique dérivées de la génétique et des mécanismes de la sélection naturelle et de l'évolution. Leurs champs d'application sont très vastes : économique, optimisation de Fonctions (coût ou les pertes), planification, et bien d'autres domaines. La raison de ce grand nombre d'application est claire, la simplicité et l'efficacité [RAN 04].

2.4. Historique :

Les premiers travaux sur les algorithmes génétiques ont été initialement développés par John Holland [HOL 75] qui a développé les principes fondamentaux des algorithmes génétiques dans le cadre de l'optimisation mathématique.

A cette époque, l'informatique n'avait pas encore connu de développement et ses travaux n'ont pas pu être appliqués sur des problèmes réels de grande taille. La parution en 1989 de l'ouvrage de référence écrit par D.E Goldberg [GOL 89], qui décrit l'utilisation de ces algorithmes dans le cadre de résolution de problèmes concrets, a permis de mieux faire connaître ces derniers dans la communauté scientifique et a marqué le début d'un nouvel intérêt pour cette technique d'optimisation, notamment après la parution de puissants calculateurs dans les années quatre vingt dix.

2.5. Principe des Algorithmes Génétiques :

Généralement, nous pouvons dire qu'un algorithme génétique dans sa forme générale nécessite de préciser les points suivants [SIV 08] :

- ✓ Le codage des solutions et la génération d'une population initiale.

- ✓ La fonction de performance pour calculer l'adaptation de chaque individu de la population.
- ✓ Le croisement des individus d'une population pour obtenir la population de la génération suivante.
- ✓ L'opération de mutation des individus d'une population afin d'éviter une convergence prématurée.
- ✓ Les paramètres de réglage : taille de la population, probabilités de croisement et de mutation, critère d'arrêt.

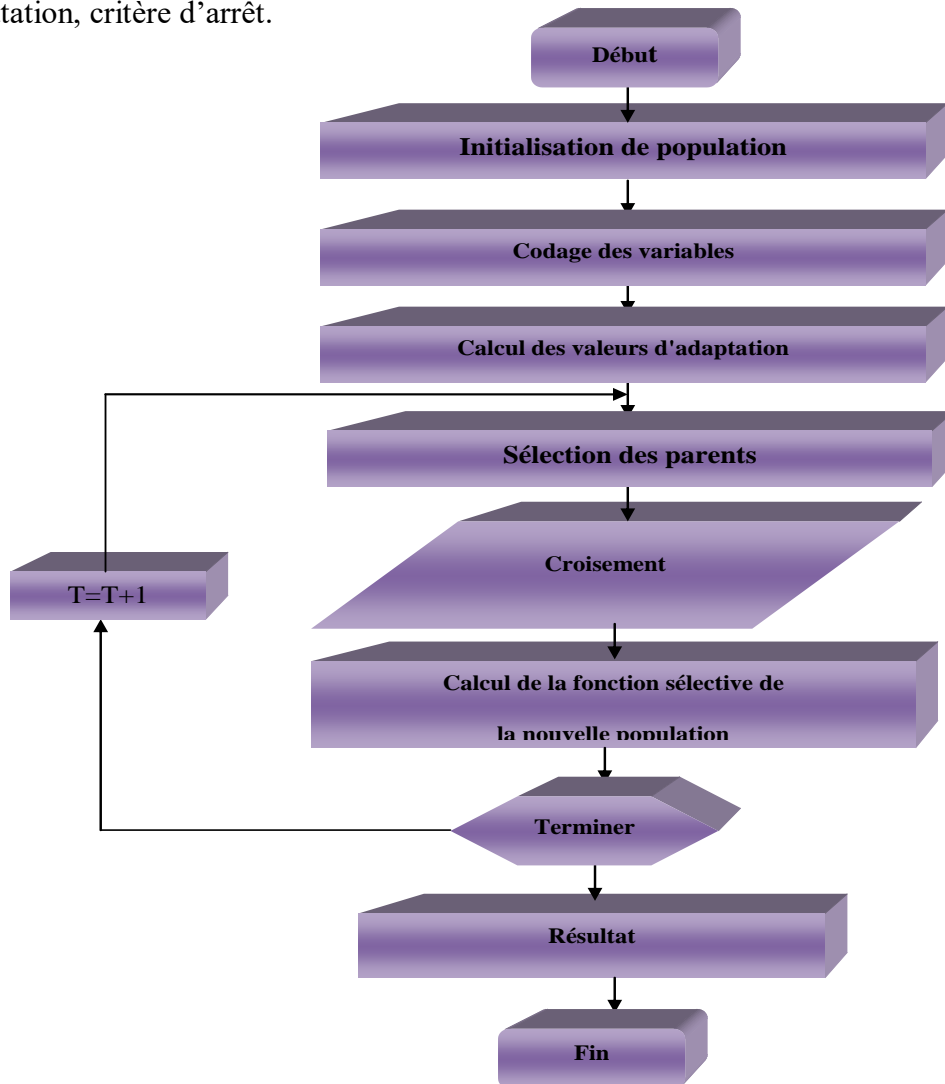


Figure2. 1: Organigramme d'un algorithme génétique standard

2.6. Structure d’une population :

Dans un problème d’optimisation à ‘n’ variables, nous faisons correspondre un gène g_i à chaque variable cherchée. Chaque gène est représenté par une chaîne de caractères choisis dans un alphabet fini (souvent binaire) appartenant à un domaine des variables Ω' .

Les gènes s’enchaînent ensemble "bout à bout" pour construire un chromosome c_i , chaque chromosome représentant une solution potentielle sous une forme codée. Ces chromosomes constituent les briques de base contenant les caractéristiques héréditaires des individus x_i .

Un chromosome (ou plusieurs) forme un individu qui représente à son tour une solution potentielle dans l’espace de recherche correspondant du problème. Etant donné que les algorithmes génétiques travaillent sur un ensemble de points de l’espace de recherche, nous appelons l’ensemble des points choisis (à savoir les individus) une population p . Au fur et à mesure des générations (itérations), une population des individus mieux adaptés va être créée [MAN 99].

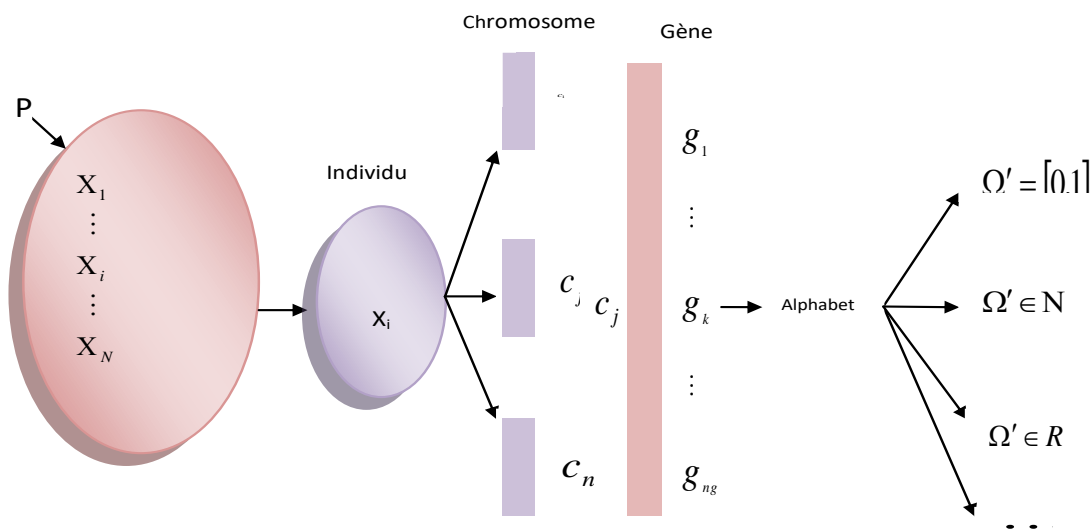


Figure2. 2: Représentation génétique d’une population

2.7. Fonction de performance :

Chaque chromosome apporte une solution potentielle au problème à optimiser ; néanmoins, ces solutions n’ont pas toutes le même degré de pertinence. C’est à la fonction de performance (*fitness*) de mesurer cette efficacité pour permettre à l’algorithme génétique de faire évoluer la population dans un sens bénéfique en cherchant la solution meilleure. Autrement dit, la fonction

de performance, $fp(X)$, doit pouvoir attribuer à chaque individu un indicateur représentant sa pertinence pour le problème que nous cherchons à résoudre. La performance sera donc donnée par une fonction à valeurs positives réelles. Elle est identique à la fonction objective si le problème (optimisation est une maximisation et elle est son inverse s'il s'agit d'une minimisation).

2.8. Codage et décodage des variables :

Le codage des variables est une étape importante dans l'optimisation des algorithmes génétiques. A chaque paramètre, on doit faire correspondre à un gène.

Sachant qu'un ensemble de gènes représente un chromosome, chaque dispositif est présenté par un individu doté d'un génotype constitué d'un ou de plusieurs chromosomes. La population sera un ensemble de N individus, qui évoluera d'une génération à une autre.

Pour un codage binaire, un gène est représenté par un nombre dont la longueur est exprimée en bits. Différents codes peuvent être utilisés pour le codage : Gray, binaire, réel.

Un des avantages du codage binaire est la facilité avec laquelle on peut représenter différents d'objectifs : les réelles, les entiers, les valeurs booléennes, les chaînes de caractères. Pour passer d'une représentation à une autre, il suffit d'utiliser des fonctions de codage ou de décodage.

Pour mieux expliquer cette procédure on considère l'espace de recherche fini.

$$x_{\min} \leq x_i \leq x_{\max} \quad i \in [1, n] \tag{1}$$

n : le nombre de paramètres

Pour coder des variables réelles en binaire est sur m bits. L'espace de recherche est subdivisé en $(2^m - 1)$ valeurs discrètes.

A chaque variable x_i , on associe un entier y_i tel que :

$$y_i = \sum_{i=0}^{m-1} b_i * 2^i \tag{2}$$

b_i est codé sur un bit et m représente le nombre de bits. Les formules de codage et de décodage sont alors représentées par les formules (3) et (4)

$$y_i = \frac{x_i - x_{i\min}}{x_{i\max} - x_{i\min}} y_{\max} \tag{3}$$

$$x_i = x_{i\min} + (x_{i\max} - x_{i\min}) \frac{y_i}{y_{\max}} \tag{4}$$

Différents codes peuvent être utilisés pour le codage : Gray, binaire, réel.

2.9. Principaux opérateurs génétiques :

Les AG sont caractérisés par un ensemble d'opérations affectées à chaque génération aux individus de la population afin qu'ils puissent accéder à la prochaine génération, ces opérations sont connues généralement sous le nom « opérateurs génétiques » [ALK 08].

2.10. Sélection :

La sélection est le premier arbitre décidant de la vie ou de la mort des individus, c'est pourquoi elle est un élément primordial du bon fonctionnement d'un algorithme génétique. Cette étape permet de choisir les individus qui vont accéder à la génération intermédiaire, pour se reproduire et former la nouvelle génération. Chaque couple d'individus parents donne naissance à deux enfants. Nous citons quelques méthodes utilisées pour la sélection des individus, qui vont se reproduire :

2.10.1 Sélection par roulette de loterie :

Les parents sont sélectionnés en fonction de leur performance. Meilleur est le résultat codé par un chromosome, plus grandes sont ses chances d'être sélectionné. Il faut imaginer une sorte de roulette de casino sur laquelle sont placés tous les chromosomes de la population, la place accordée à chacun des chromosomes étant en relation avec sa valeur d'évaluation. Cette roulette est représentée par la figure (2.2).

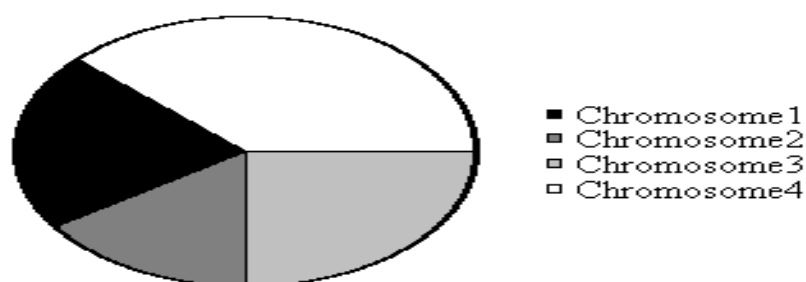


Figure2. 3: Exemple de sélection par roulette.

Ensuite, la bille est lancée et s'arrête sur un chromosome. Les meilleurs chromosomes peuvent ainsi être tirés plusieurs fois et les plus mauvais ne jamais être sélectionnés. Cela peut être simulé par l'algorithme suivant:

1. On calcule la somme S_1 de toutes les fonctions d'évaluation d'une population.
2. On génère un nombre "r" entre 0 et S_1 .
3. On calcule ensuite une somme S_2 des évaluations en s'arrêtant dès que r est dépassé.
4. Le dernier chromosome dont la fonction d'évaluation vient d'être ajoutée est sélectionné.

2.10.2. Sélection par rang :

La sélection précédente rencontre des problèmes lorsque la valeur d'adaptation des chromosomes varie énormément. Si la meilleure fonction d'évaluation d'un chromosome représente 90% de la roulette alors les autres chromosomes auront très peu de chance d'être sélectionnés et on arriverait à une stagnation de l'évolution.

La sélection par rang trie d'abord la population par fitness. Ensuite, chaque chromosome se voit associé un rang en fonction de sa position. Ainsi le plus mauvais chromosome aura le rang 1, le suivant 2, et ainsi de suite jusqu'au meilleur chromosome qui aura le rang N (pour une population de N chromosomes). La sélection par rang d'un chromosome est la même que par roulette, mais les proportions sont en relation avec le rang plutôt qu'avec la valeur de l'évaluation.

Le tableau (2) fournit un exemple de sélection par rang. Avec cette méthode de sélection, tous les chromosomes ont une chance d'être sélectionnés. Cependant, elle conduit à

une convergence plus lente vers la bonne solution. Ceci est dû au fait que les meilleurs chromosomes ne diffèrent pas énormément des plus mauvais.

Tableau 2. 1: Exemples de sélection par rang pour 6 chromosomes.

Chromosomes	1	2	3	4	5	6	Total
probabilités initiales	89 %	5 %	1 %	4 %	3 %	2 %	100 %
Rang	6	5	1	4	3	2	21
probabilités finales	29 %	24 %	5 %	19 %	14 %	9 %	9 %

2.10.3. Sélection statique :

Ce n'est pas une méthode particulière de sélection des chromosomes parents. L'idée principale est qu'une grande partie de la population puisse survivre à la prochaine génération. L'algorithme génétique marche alors de la manière suivante.

A chaque génération sont sélectionnés quelques chromosomes (parmi ceux qui ont le meilleur coût) pour créer des chromosomes fils. Ensuite les chromosomes les plus mauvais sont retirés et remplacés par les nouveaux. Le reste de la population survie à la nouvelle génération.

2.10.4. Sélection par tournoi :

Sur une population de N chromosomes, on forme N pair de chromosomes. Dans les paramètres de l'AG, on détermine une probabilité de victoire du plus fort. Cette probabilité représente la chance qu'a le meilleur chromosome de chaque paire d'être sélectionné. Cette probabilité doit être grande (entre 70% et 100%). A partir des N pair, on détermine ainsi N individus pour la reproduction.

2.11. Croisement :

Dans les algorithmes génétiques, le croisement est considéré comme le principal opérateur pour produire des nouveaux chromosomes. Comme son homologue dans la nature, le croisement produit de nouveaux individus en leur transférant quelques parties de la matière génétique de leurs parents. L'objectif du croisement est donc d'enrichir la diversité de la population en manipulant la structure des chromosomes [MAN 99]. Initialement, le croisement associé au codage par chaînes de bits (codage binaire) est le croisement à découpage de chromosomes. Après avoir tiré les couples qui vont être "croisés", l'opérateur de croisement peut donc être appliqué. Plusieurs types de croisement sont présentés dans la littérature, tels : le croisement seul point, le croisement multipoints, le croisement uniforme,...

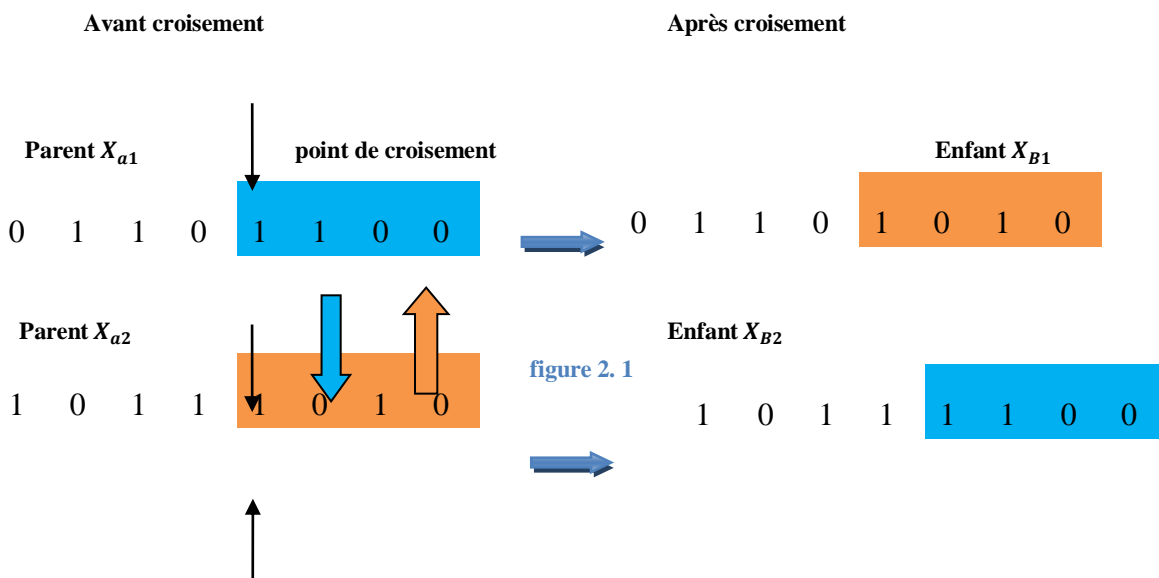


Figure2. 4:Croisement en un seul point

2.12. Mutation :

Elle est généralement appliquée après le croisement des parents et aide à fournir de nouvelles caractéristiques génétiques, difficiles à obtenir par le seul opérateur de croisement.

Elle consiste à altérer un ou plusieurs gènes du chromosome d'un enfant donné, introduisant de ce fait une diversité dans la structure de la population. Cet opérateur permet ainsi l'exploration de l'espace des solutions. Il est caractérisé par la probabilité de mutation (M_P) qui détermine si un enfant doit subir une mutation.

2.13. Création de la génération suivante et critères d'arrêt :

Pour réaliser une boucle d'une itération de l'algorithme génétique, ce dernier doit d'abord regrouper les individus survivants après mutation dans une nouvelle population.

Ensuite, l'algorithme génétique va calculer la performance pour chaque nouvel individu. Enfin, si un critère d'arrêt de l'algorithme n'est pas encore atteint, la nouvelle population doit alors remplacer la population actuelle et une nouvelle boucle sera ainsi lancée.

Par ailleurs, d'autres critères peuvent être appliqués pour déterminer l'arrêt de l'algorithme génétique tels que :

- ✓ L'amélioration de la solution ne dépasse plus un certain seuil.
- ✓ La fonction objective du problème atteint une valeur donnée.
- ✓ Le temps de calcul atteint une valeur prédéterminée.

2.14. Réglage des paramètres d'un AG :

L'élaboration d'un algorithme génétique nécessite le réglage de certains paramètres. Ce réglage a une influence sur la convergence de l'algorithme génétique et les résultats obtenus. Cependant, il n'existe pas de règle spécifique pour ajuster les paramètres d'un AG, et ils sont souvent choisis de manière empirique. Quelques remarques sont alors à soulever :

- ✓ **Probabilité de croisement** : la probabilité de croisement a une influence considérable sur la vitesse de convergence d'un algorithme génétique. Plus elle est grande et plus elle favorise la recombinaison des individus tout en favorisant de tomber dans un optimum local. Les valeurs usuelles pour ce paramètre varient entre 0.6 à 0.95.

- ✓ **Probabilité de mutation** : elle doit être assez faible par rapport à celle du croisement de manière à ne pas perturber l'évolution de l'algorithme. Une valeur élevée transformera l'algorithme en une recherche aléatoire, alors qu'une valeur très faible rendra impossible l'extraction des optima locaux. Les valeurs usuelles pour ce paramètre varient de 0.001 à 0.2.
- ✓ **Taille de la population** : augmenté la taille de la population permet d'augmenter sa diversité et réduit la probabilité d'une convergence prématurée vers un optimum local, mais **en même temps elle augmente** le temps nécessaire pour converger vers les régions optimales de l'espace de recherche [SRI 94].

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté tout d'abord une vue générale sur les algorithmes génétiques, leurs paramètres et les principales opérations et principe de base d'AG standard ainsi quelques concepts concernant l'application des algorithmes génétiques sur l'optimisation mono objectif. a fin que nous puissions l'applique dans le prochain chapitre.

Chapitre 3

Résultats et interprétation de simulation

Introduction

Le chapitre est consacré à l'analyse de la stabilité dynamique du réseau en intégrant des systèmes de régulation tels que l'AVR et le PSS et ce sous plusieurs régimes de fonctionnement et ensuite une optimisation sens établie pour l'amélioration de la stabilité.

3.1. Stratégie du travail

Dans ce chapitre, pour ce faire de l'étude du dispositif simultané associé à l'infini à travers une ligne transitoire est de considérer l'effet de l'AVR sur le changement de la nature de la charge et de la stabilité du réseau

Après avoir étudié l'effet sur la présence de PSS sur la stabilité transitoire du réseau électrique L'amélioration de la stabilité aux grandes perturbations, en particulier l'amortissement des oscillations, est donc devenue un objectif prioritaire. Les interactions entre les générateurs de différentes c'est le meilleur moyen pour assurer le comportement optimal de l'ensemble.

➤ L'objectif de notre travail est d'assurer un amortissement maximum, aussi bien des modes interrégionaux que des modes locaux, à l'aide des stabilisateurs de puissance (PSS) généralement utilisés pour l'amortissement des modes électromécaniques locaux. Pour ce faire, nous avons développé une méthode d'optimisation globale basée sur les algorithmes génétiques et une fonction multi objectif utilisant les paramètres de stabilité relative et de stabilité absolue déterminés à partir de l'analyse des valeurs propres du système. Nous avons analysé l'influence de l'augmentation progressive du nombre de variables à optimiser simultanément (paramètres des PSS, emplacement et nombre de ces derniers). La méthode que nous proposons permet un réglage optimal des PSS avec la meilleure localisation possible et un nombre réduit de PSS. Nous avons proposé en outre une nouvelle méthode d'optimisation utilisant des contraintes dynamiques adaptatives de l'espace de recherche afin d'améliorer les performances et la rapidité de convergence de cet algorithme. Les performances de ces méthodes d'optimisation ont été évaluées sur le réseau multi machines

➤ Dans ce dernier cas, on compare les résultats obtenus entre l'effet d'AVR (sans PSS) et AVR et PSS (avec PSS)

➤ On a choisi plusieurs régimes de fonctionnement pour montrer l'efficacité de l'influence de l'intégration du PSS sur la stabilité du réseau.

- Il faut noter que la méthode numérique adaptée pour la simulation dans cette méthode est ODE 15.

ODE45 : est basé sur une formule explicite de RUNGE-KUTTA (4,5), la paire DORMAND-PRINCE. C'est un solveur en une étape - en calculant y (**TN**), il n'a besoin que de la solution du point de temps précédent, Y (**TN-1**). En général, ode45 est la meilleure fonction à appliquer dès le premier essai pour la plupart des problèmes.

ODE15 : est un résolveur d'ordre variable basé sur les formules de différenciation numérique (NDF). Il utilise éventuellement les formules de différenciation en arrière (**BDF, généralement appelées méthode de GEAR**) généralement moins efficaces. Comme ode113, ode15s est un solveur à plusieurs étapes. Essayez ode15s quand ode45 échoue ou est très inefficace et que vous soupçonnez que le problème est raide, ou lorsque vous résolvez un problème algébrique différentiel.

3.3. Analyse du système sans PSS

Nous avons utilisé l'analyse du système en fixant la puissance active et en variant la puissance réactive :

Cas 1 : $P=0.2$; $Q = [0.8, 0.5, 0.3]$ p.u

Cas 2 : $P=0.6$; $Q = [0.8, 0.5, 0.3]$ p.u

Cas 3 : $P=1.1$; $Q = [0.8, 0.5, 0.3]$ p.u

Pour analyser la réponse du système à l'instante **$T=1s$** on applique une perturbation sur le couple mécanique **$\Delta T_m = 0.5$ p.u**

3.3.1. Analyse de système avec les faibles charges

Cas 1 : $P=0.2$ fixe ; $Q = [0.8, 0.5, 0.3]$ p.u variable

Tableau 3. 1: avec l'AVR (Sans PSS) dans cas (**$P=0.2, Q= 0.8, 0.5, 0.3$**)

P	Q	K1	K2	K3	K4	K5	K6	T3	Etat ($\Delta\delta, \Delta\omega_r$ $\Delta T_e, Err$)
0.2	0.8	0.6612	0.2135	0.3128	0.3461	0.2616	0.8427	2.2903	stable
0.2	0.5	0.5578	0.1652	0.2874	0.2656	0.1684	0.8115	2.1040	stable
0.2	0.3	0.6856	0.2619	0.3283	0.4283	0.3592	0.8575	2.4039	Stable

3.3.1.1. Les courbes $\Delta\delta$, $\Delta\omega_r$, ΔT_e , Err de système sans PSS :

On choisi un cas $P=0.2, Q=0.3$

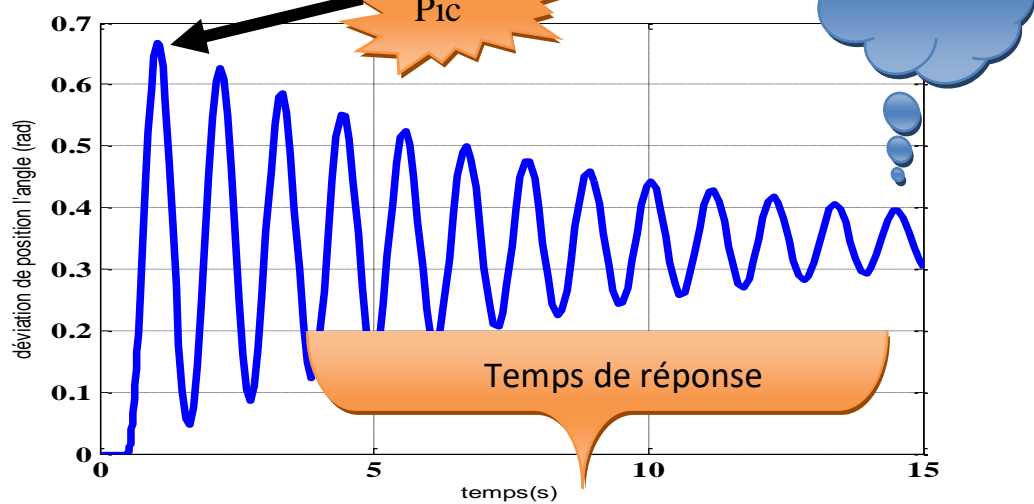


Figure 3. 2: courbe déviaton de position angulaire dans cas (P=0.2 ; Q=0.3)

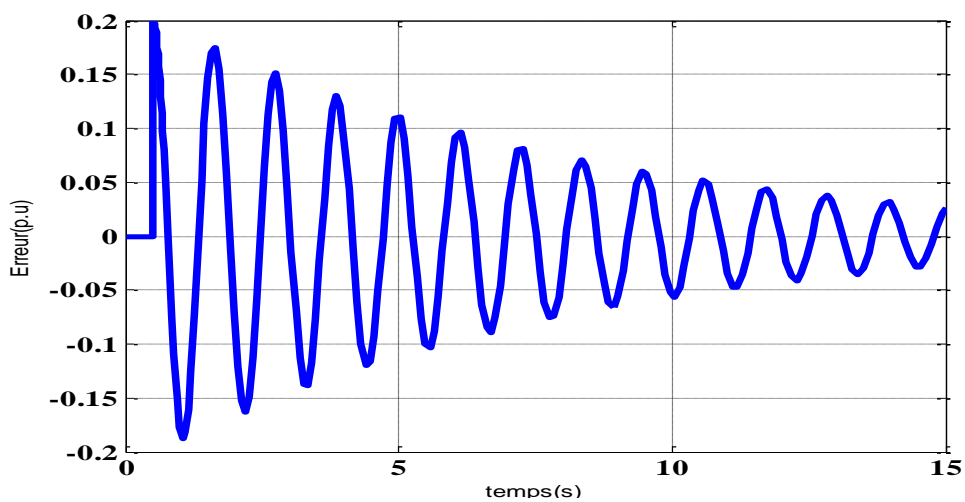


Figure 3. 3: courbe d'Erreur dans cas (P=0.2, Q=0.3)

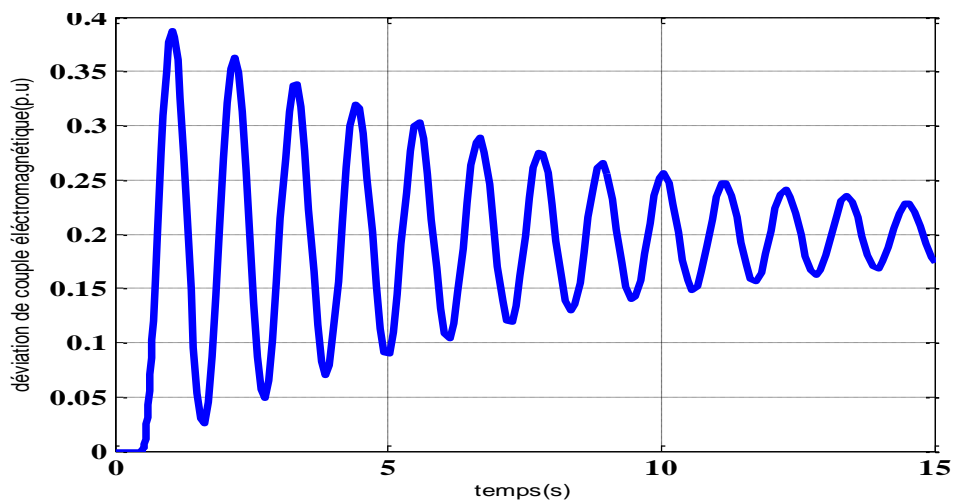


Figure 3. 4 : courbe déviaton de couple électromagnétique dans cas (P =0.2, Q=0.3)

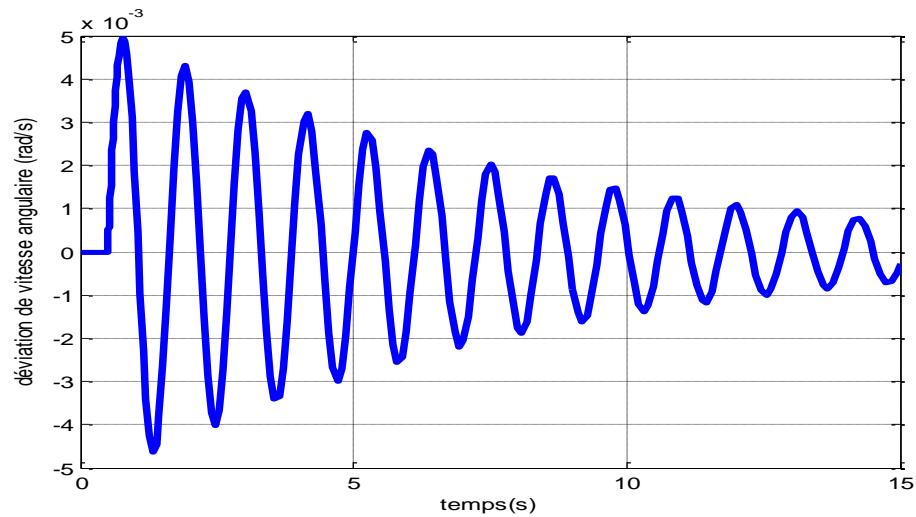


Figure 3. 5: courbe déviation de vitesse angulaire (rad/s) dans cas (P=0.2, Q=0.3)

On se contente de la figure qui présente l'évolution de la déviation de la vitesse angulaire et celle de l'erreur entre les couples pour les futures interprétations

Interprétation

Notez que la première chose à faire après une perturbation est le dépassement et le temps de réponse afin de déterminer si un système stable ou un système instable.

Dans ce cas (P=0.2, Q=0.3) on remarque les courbes déviations de vitesse Δwr et déviation de couple électromagnétiques ΔTe le système fonctionne de manière normale, il n'y a pas de perturbation ($Te-Tm=0$) et après nous avons mis un changement en $\Delta Tm = 0.5$ nous avons remarqué que le système de changement et perturbation où il a fallu beaucoup de temps et aller à un système permanent, Temps de réponse et Pic augmentation

3.3.2. Analyse le système avec les moyennes charges

Cas 2 : P =0.6 fixe ; Q = [0.8, 0.5, 0.3] p.u variable $\Delta Tm = 0.5$ p.u.

Tableau3. 2: avec l'AVR (Sans PSS) dans cas (P=0.6, Q= 0.8, 0.5, 0.3)

P	Q	K1	K2	K3	K4	K5	K6	TR	Etat ($\Delta\delta, \Delta wr, \Delta Te, Err$)
0.6	0.8	0.5373	0.4546	0.2848	0.7422	0.4151	0.7641	2.0850	stable
0.6	0.5	0.6904	0.5708	0.3103	0.9323	0.5933	0.7692	2.2721	stable
0.6	0.3	0.7729	0.6735	0.3260	1.1044	0.7402	0.7521	2.3867	stable

3.3.2.1. Les courbes $\Delta\delta$, $\Delta\omega_r$, ΔT_e , Err de système sans PSS :

On choisi un cas $P=0.6$, $Q=0.5$

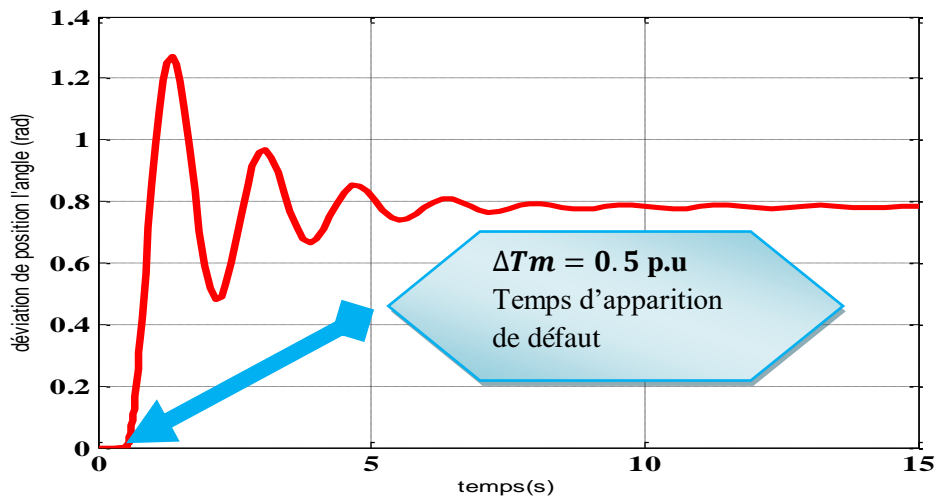


Figure 3.6: déviaton de position l'angle dans cas (P=0.6, Q=0.5)

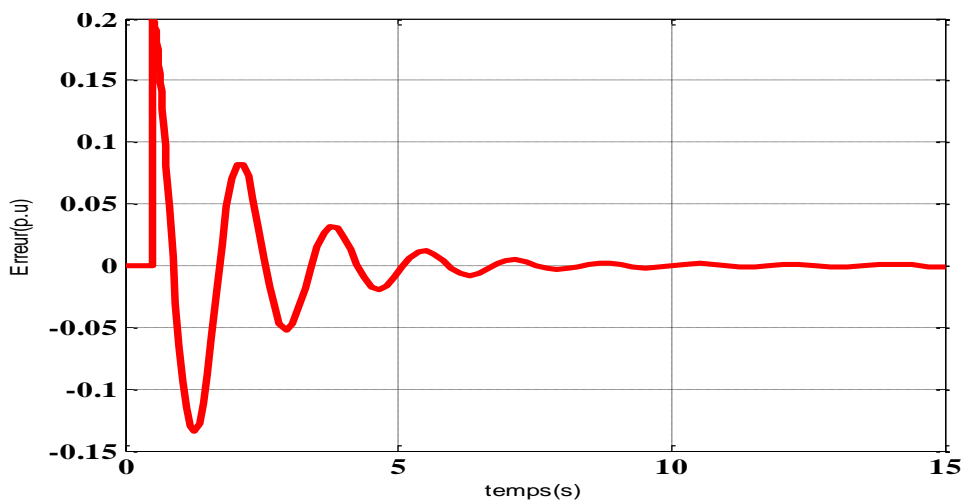


Figure 3. 7: courbe d'Erreur dans cas (P=0.6, Q=0.5)

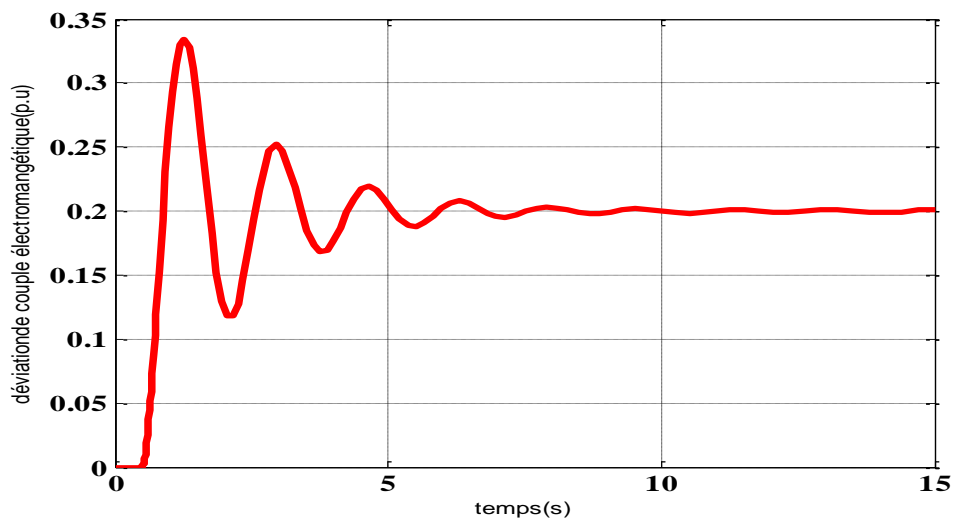


Figure 3. 8: courber déviaton de couple électromagnétique dans cas (P=0.6, Q=0.5)

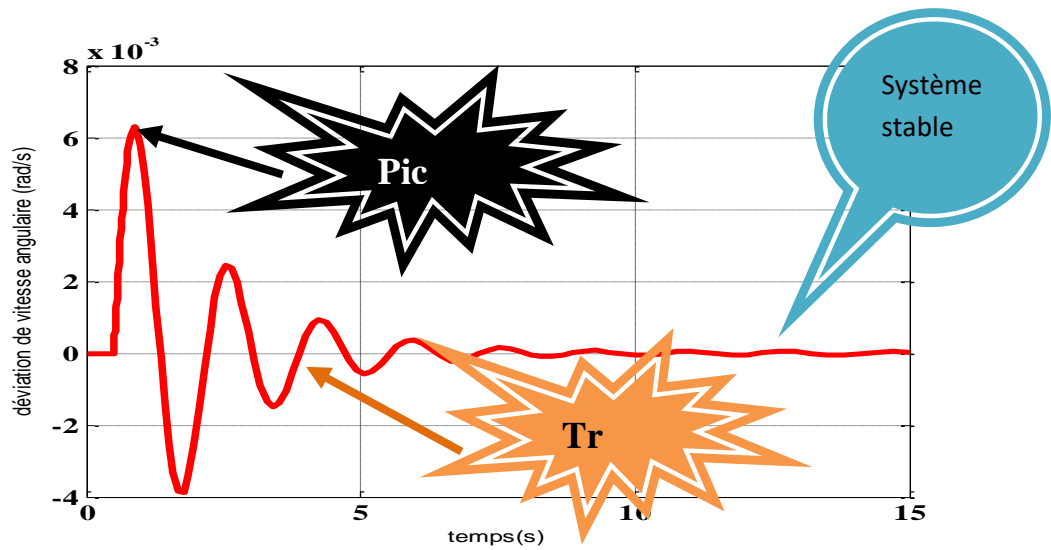


Figure 3. 9: courbe déviation de vitesse angulaire dans cas (P=0.6, Q=0.5)

Interprétations

Dans ce cas (P=0.6, Q=0.5) on remarque les courbes déviations de vitesse Δwr et de couple électromagnétiques ΔTe le système fonctionne de manière normale, on vent amortir les oscillations qui se produit après la perturbation dans le cas système stabilité .

3.3.3. Analyse le système avec les grandes charges

Cas 3 : P =1.1 fixe ; Q = [0.8, 0.5, 0.3] p.u variable $\Delta Tm = 0.5$ p.u.

Tableau 3. 3: avec l'AVR (Sans PSS) dans cas (P=1.1, Q= 0.8, 0.5, 0.3)

P	Q	K1	K2	K3	K4	K5	K6	TR	Etat ($\Delta\delta, \Delta wr, \Delta Te, Err$)
1.1	0.8	-0.4055	0.7154	0.2787	-1.1727	-0.4726	0.6518	2.0406	instable
1.1	0.5	0.5949	0.8500	0.3045	1.3930	2.2291	0.5856	0.6095	instable
1.1	0.3	-0.7010	0.9499	0.3204	-1.5582	-0.6324	0.5647	2.3457	instable

3.3.3.1. Les courbes $\Delta\delta$, Δwr , ΔTe , Err de système sans PSS :

On choisi un cas $P=1.1$, $Q= 0.8$

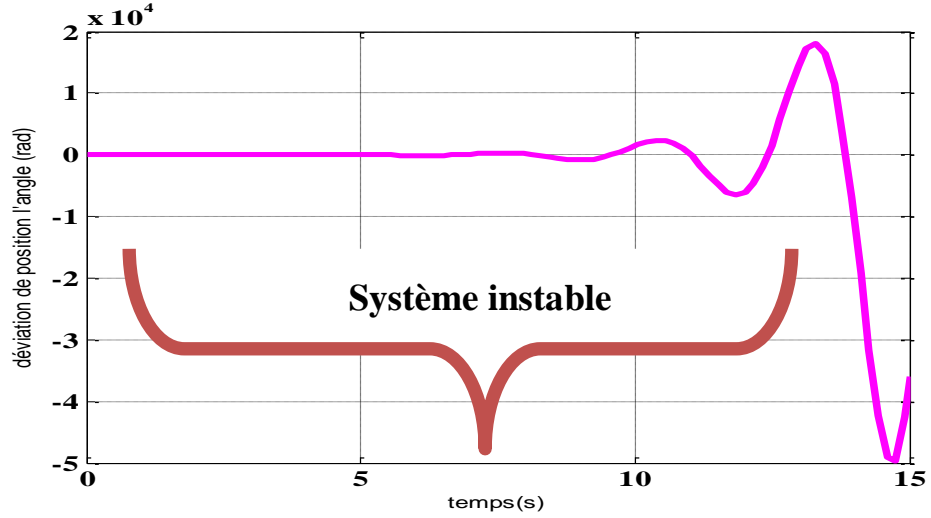


Figure 3. 10: courbe déviation de position l'angle dans cas (P=1.1, Q=0.8)

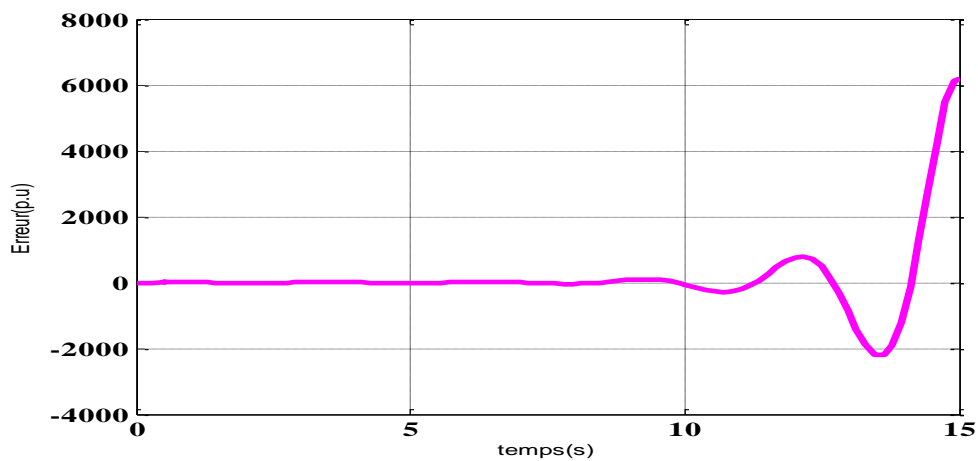


Figure 3. 11: courbe d'Erreur dans cas (P=1.1, Q=0.8)

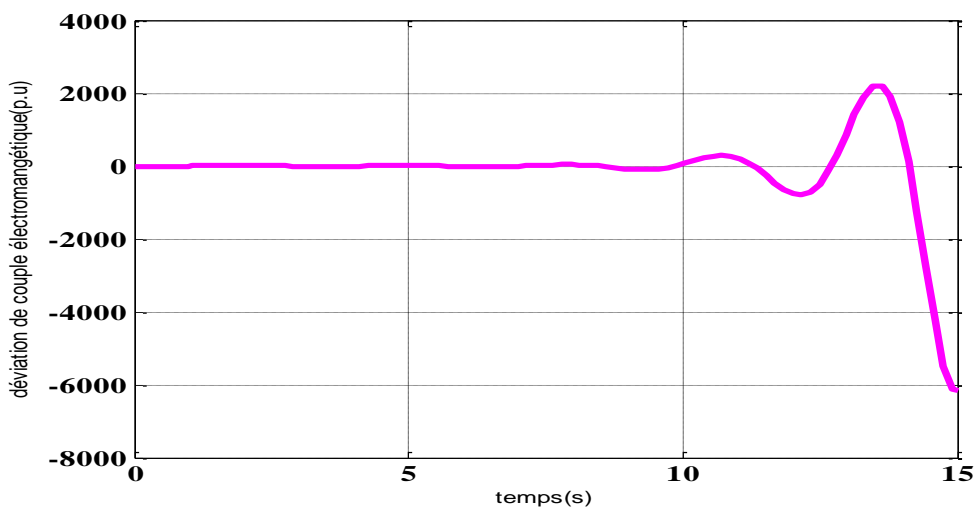


Figure 3. 12: courbe déviation de couple électromagnétique dans cas (P=1.1, Q=0.8)

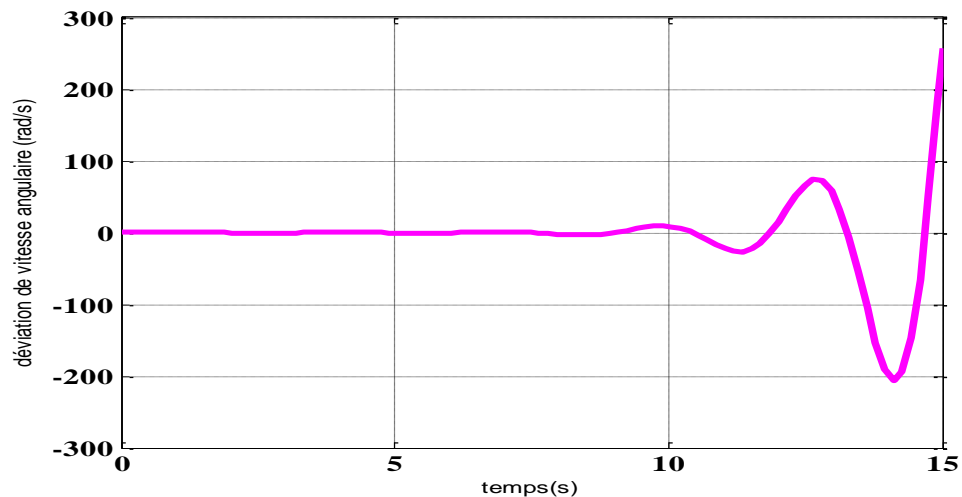
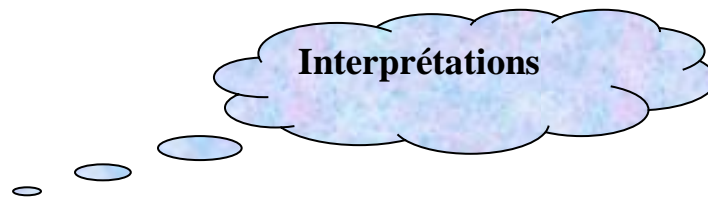


Figure 3. 13: courbe déviation de vitesse angulaire dans cas ($P=1.1$, $Q=0.8$)



Notez dans les trois cas ($P=1.1$ $Q= 0.8, 0.5, 0.3$) que le système est instable il est évident que le système est instable et mal amortis. Le comportement du système aux perturbations montre clairement cette instabilité du système.

La présence de modes d'oscillations électromécaniques fortement instables déterminés Par l'analyse de la réponse du système en modèle linéaire conduit évidemment à la perte de Stabilité aux grandes perturbations

3.4. Vérification l'influence de l'intégrale du PSS

L'analyse des résultats simulés montre que le PSS a un effet sur la stabilité transitoire et améliore ainsi la stabilité transitoire du système.

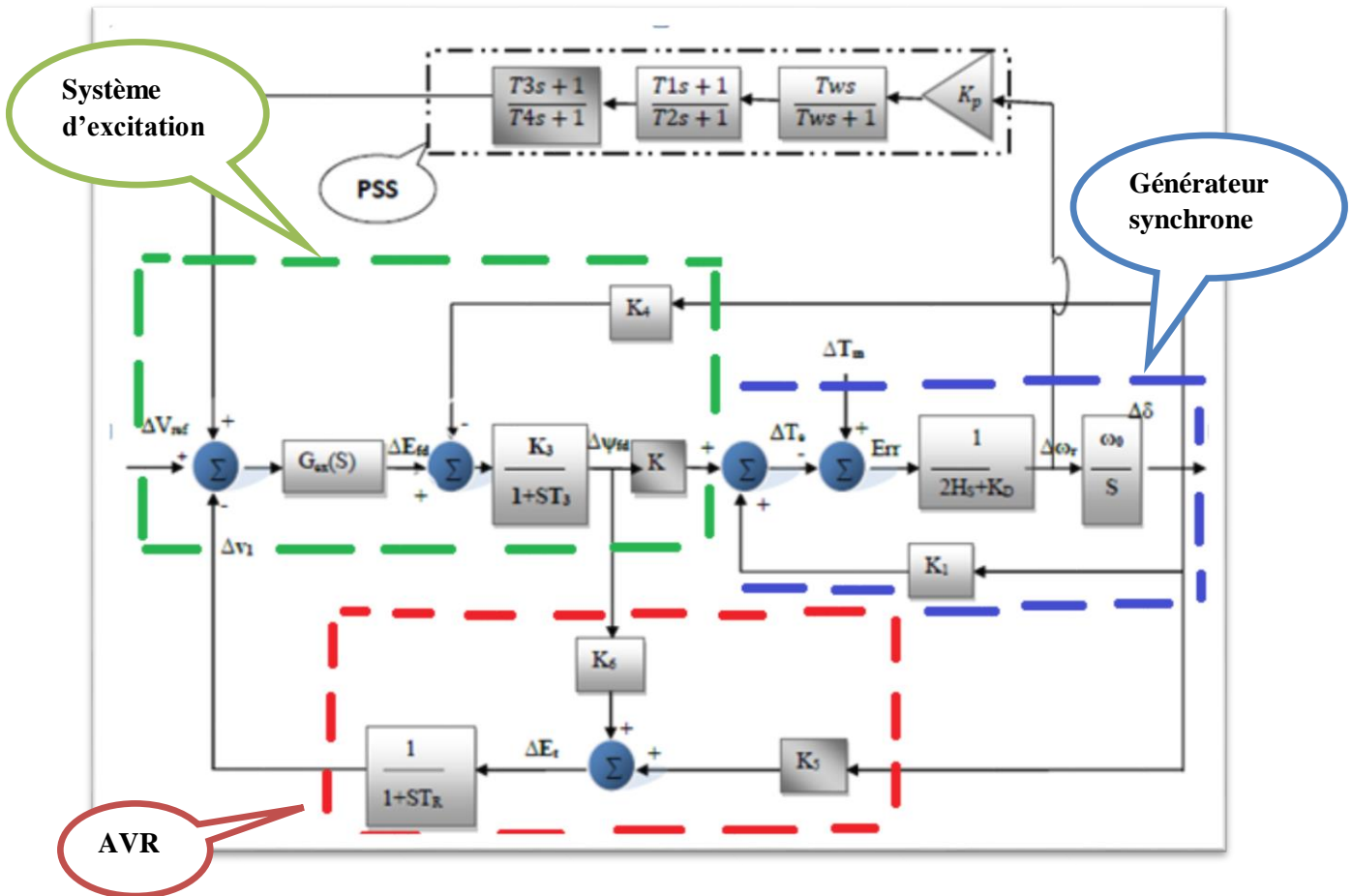


Figure3. 14: Schéma bloc fonctionnel avec l'AVR et le PSS

3.4.1. Analyse de système avec les faibles charges

Cas 1 : P = 0.2 fixe ; Q = [0.8, 0.5, 0.3] p.u variable $\Delta T_m = 0.5$ p.u.

Tableau 3. 4: avec PSS et l'AVR (avec PSS) dans cas (P=0.2, Q= 0.8, 0.5, 0.3)

P	Q	K1	K2	K3	K4	K5	K6	T3	Etat ($\Delta\delta, \Delta\omega_r$ $\Delta T_e, Err$)
0.2	0.8	0.5578	0.1652	0.2874	0.2656	0.1684	0.8115	2.1040	stable
0.2	0.5	0.6612	0.2135	0.3128	0.3461	0.2616	0.8427	2.2903	stable
0.2	0.3	0.6856	0.2619	0.3283	0.4283	0.3592	0.8575	2.4039	Stable

3.4.1.1. Les courbes $\Delta\delta$, Δwr , ΔTe , Err de système avec PSS :

On choisi un cas $P=0.2$, $Q=0.3$

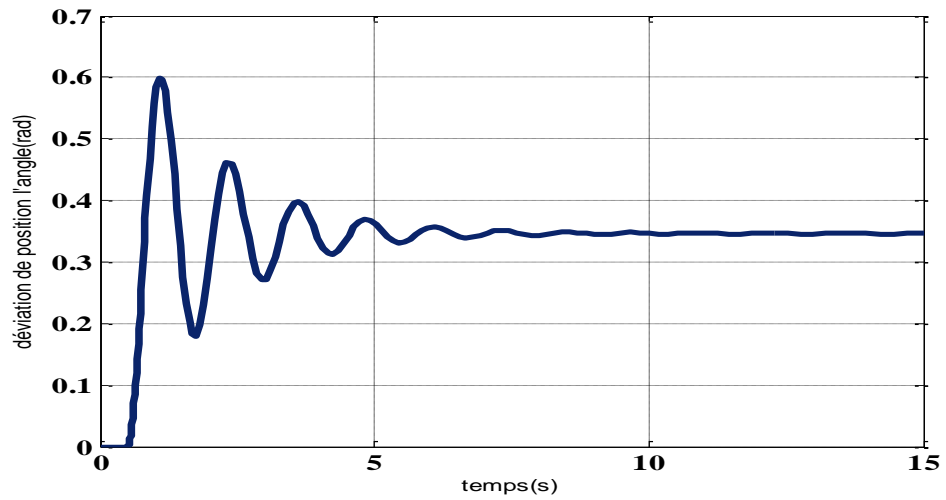


Figure3. 15: courbe déviation de position angulaire dans cas (P=0.2 ; Q=0.3)

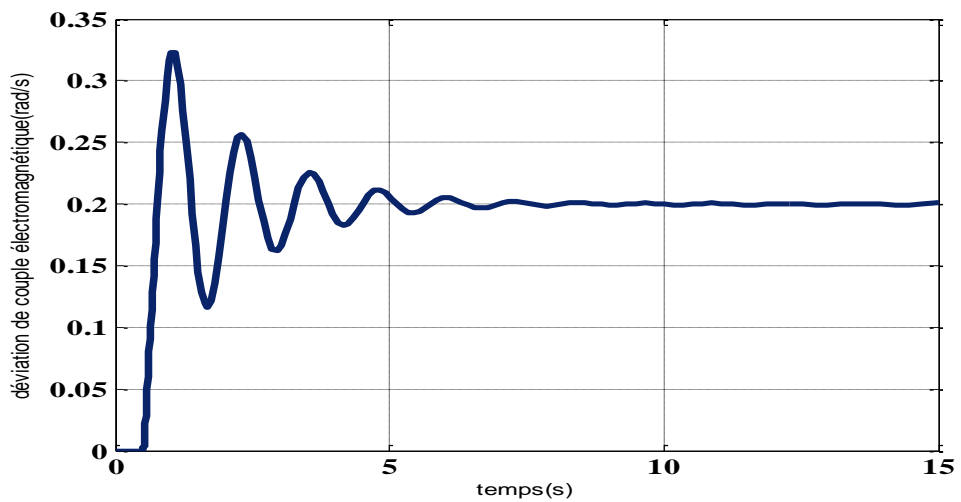


Figure 3. 16: courbe déviation de couple électromagnétique dans cas (P=0.2, Q=0.3)

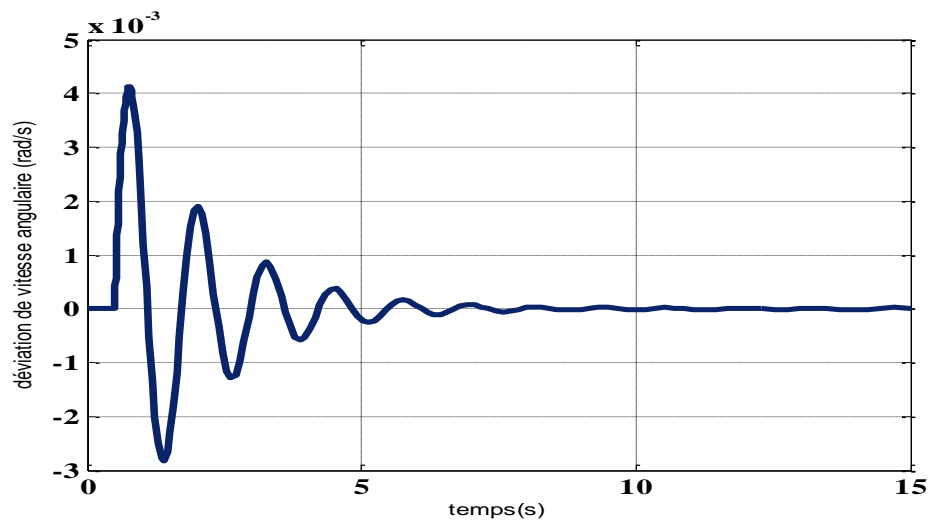


Figure 3. 17 : courbe déviation de vitesse angulaire dans cas (P=0.2, Q=0.3)

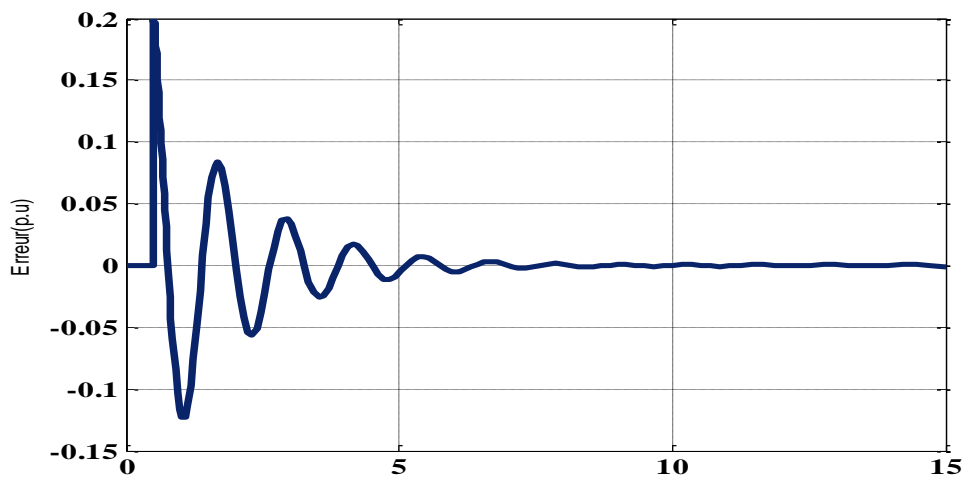


Figure 3. 18: courbe d’Erreur dans cas (P=0.2, Q=0.3)

Interprétation

Dans ce cas (**P=0.2, Q=0.3**) on Remarque les courbes déviations de vitesse $\Delta\omega_r$ et déviation de couple électromagnétiques ΔT_e Pour rétablir la stabilité du système et améliorer son amortissement global, les PSS sont maintenant ajoutés aux générateurs. Les résultats de simulation montre qu’après l’utilisation du PSS le système devient stable que le système sans PSS dans un temps de repense en On résulte que le PSS a une bonne influence sur la stabilité du Système.

3.4.2. Analyse le système avec les moyennes charges

Cas 2 : P =0.6 fixe ; Q = [0.8, 0.5, 0.3] p.u variable $\Delta T_m = 0.5$ p.u.

Tableau 3. 5: avec PSS et l’AVR (avec PSS) dans cas (P=0.6, Q= 0.8, 0.5, 0.3)

P	Q	K1	K2	K3	K4	K5	K6	TR	Etat ($\Delta\delta, \Delta\omega_r, \Delta T_e, Err$)
0.6	0.8	0.5373	0.4546	0.2848	0.7422	0.4151	0.7641	2.0850	stable
0.6	0.5	0.7729	0.6735	0.3260	1.1044	0.7402	0.7521	2.3867	stable
0.6	0.3	0.6904	0.5708	0.3103	0.9323	0.5933	0.7692	2.2721	stable

3.4.2.1. Les courbes $\Delta\delta$, $\Delta\omega_r$, ΔT_e , Err de système avec PSS :

On choisi un cas $P=0.6$, $Q=0.5$

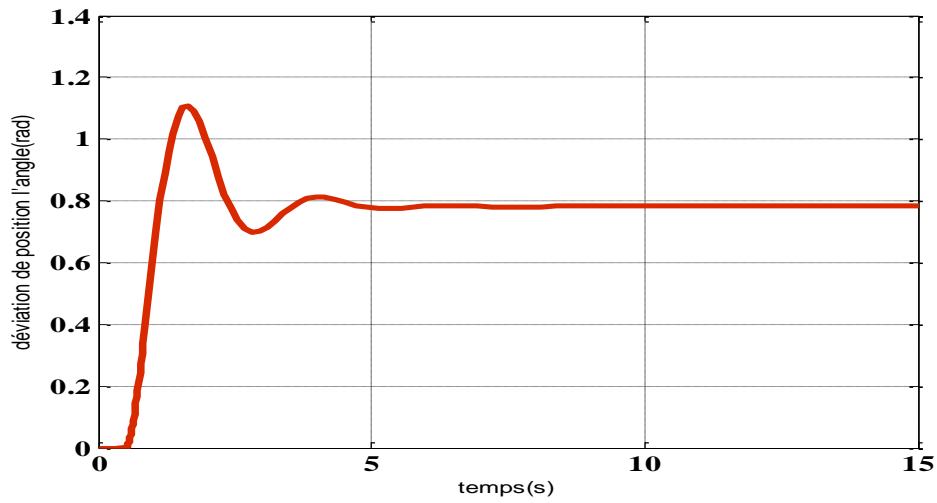


Figure 3. 19: courbe déviation de position l'angle dans cas (P=0.6, Q=0.5)

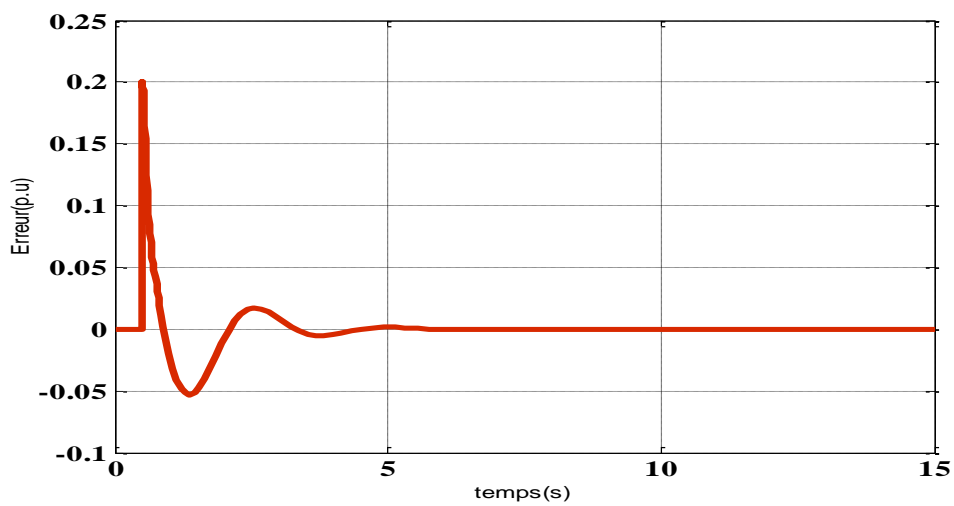


Figure 3. 20: courbe d'Erreur dans cas (P=0.6, Q=0.5)

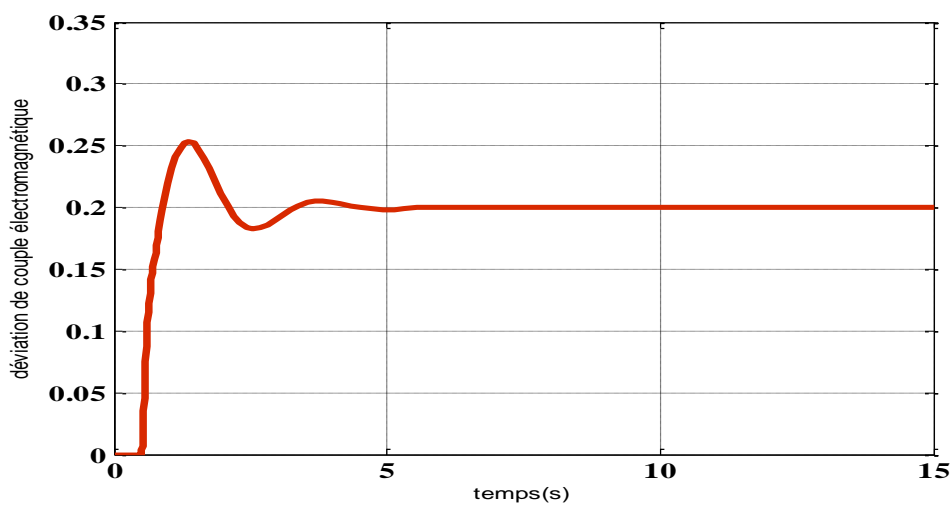


Figure 3.21: courbe déviation de couple électromagnétique dans cas (P=0.6, Q=0.5)

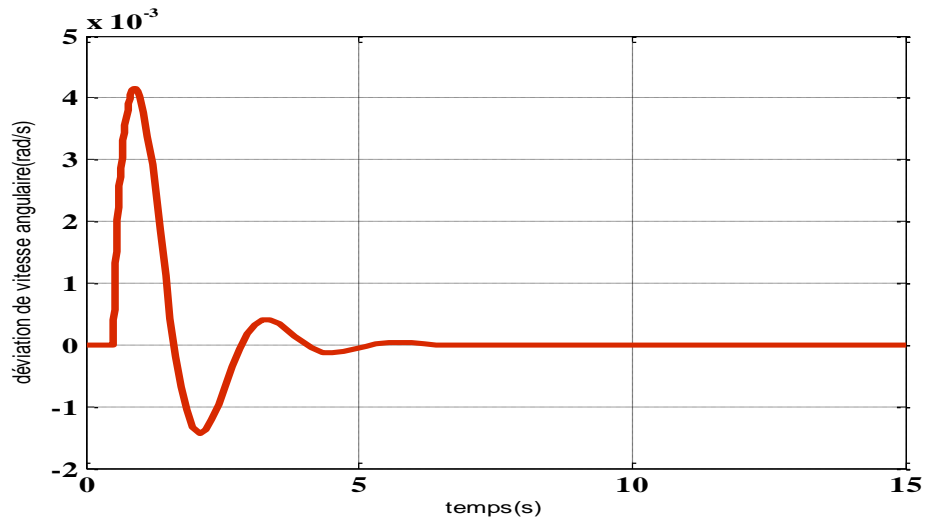


Figure 3. 22: courbe déviation de vitesse angulaire dans cas (P=0.6, Q=0.5)



Notez dans les trois cas (**P=0.6 Q= 0.5**) que le système est stable ,les courbe montrent qu’après l’utilisation de PSS le système devient stable que le Système dans donc on ne résulte que le PSS à une bonne influence sur la stabilité du réseau électrique avec un bon amortissement des oscillations de la vitesse angulaire, ainsi que de l’angle.

3.4.3. Analyse de système avec les grandes charges

Cas 3 : P =1.1 fixe ; Q = [0.8, 0.5, 0.3] p.u variable **$\Delta T_m = 0.5$ p.u.**

Tableau 3. 6: avec PSS et l’AVR (avec PSS) dans cas (P=1.1, Q= 0.8, 0.5, 0.3)

P	Q	K1	K2	K3	K4	K5	K6	TR	Etat ($\Delta\delta, \Delta\omega_r, \Delta T_e, Err$)
1.1	0.8	-0.4055	0.7154	0.2787	-1.1727	-0.4726	0.6518	2.0406	stable
1.1	0.5	0.5949	0.8500	0.3045	1.3930	2.2291	0.5856	0.6095	stable
1.1	0.3	-0.7010	0.9499	0.3204	-1.5582	-0.6324	0.5647	2.3457	stable

3.4.3.1. Les courbes $\Delta\delta$, $\Delta\omega_r$, ΔT_e , Err de système avec PSS :

On choisi un cas $P=1.1$, $Q=0.8$

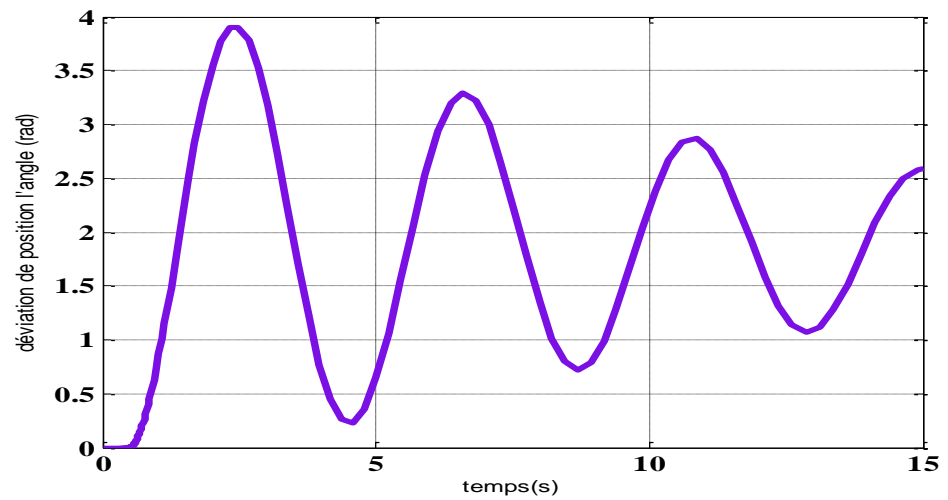


Figure 3. 23: courbe déviation de position l'angle dans cas (P=1.1, Q=0.8)

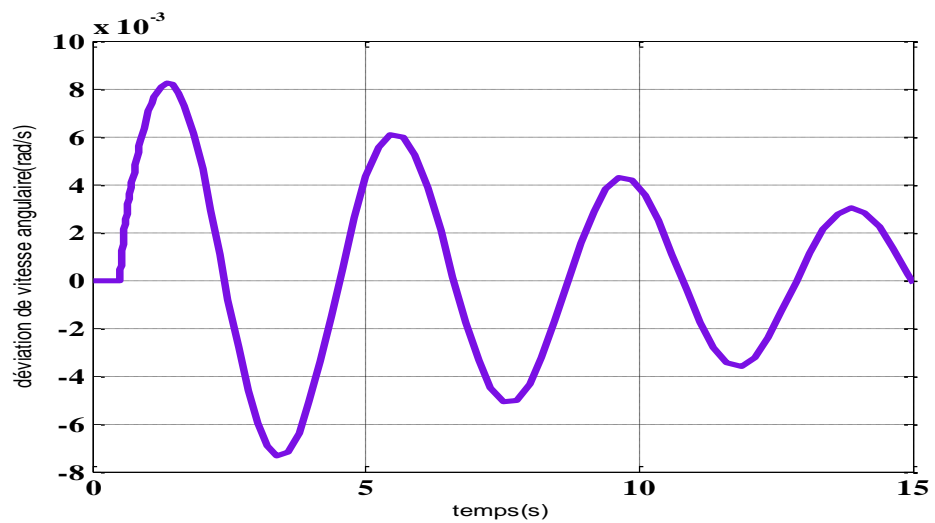


Figure 3. 24: courbe déviation de vitesse angulaire dans cas (P=1.1, Q=0.8)

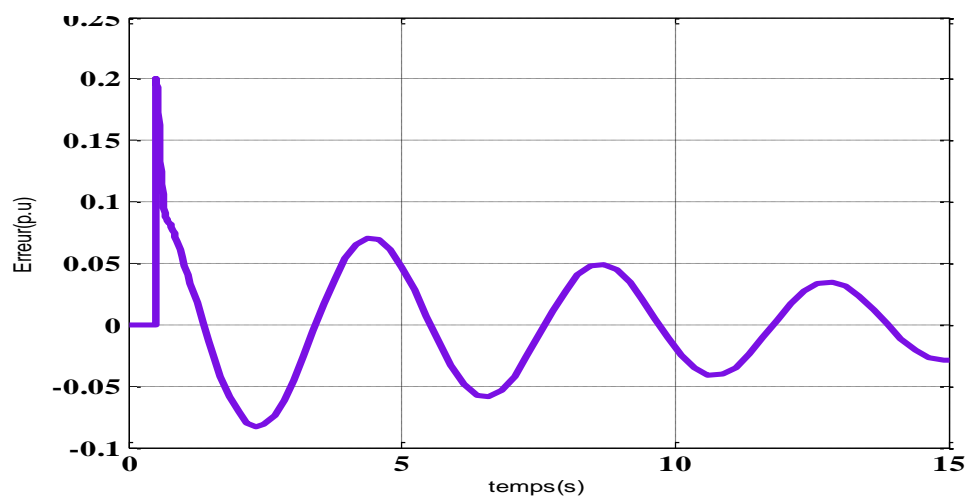


Figure 3. 25: courbe d'Erreur dans cas (P=1.1, Q=0.8)

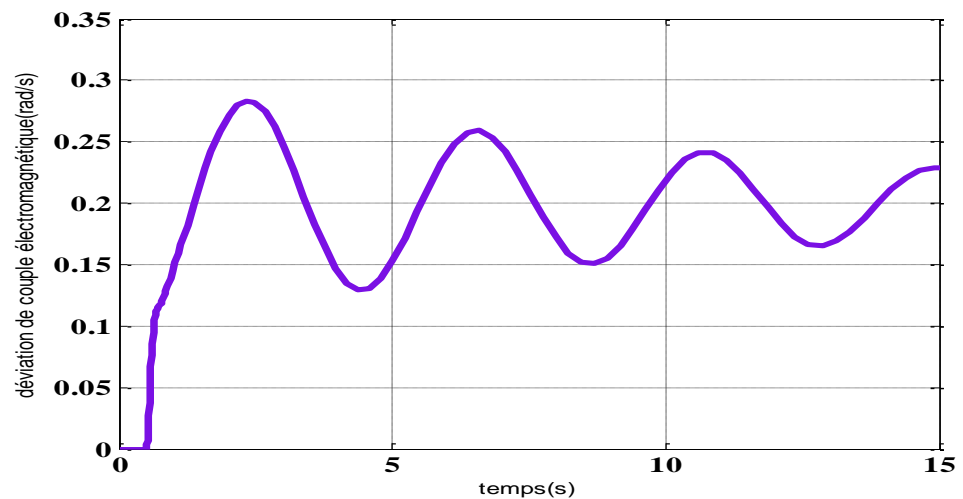


Figure 3. 26: courbe déviation de couple électromagnétique dans cas ($P=1.1$, $Q=0.8$)

Interprétations

Notez que dans cas ($P=1.1$, $Q=0.8$) les courbes montrent qu'après l'utilisation de PSS, le système devient instable.

L'ordre dans lequel nous produisons que le PSS n'a pas d'effet positif sur la stabilité du réseau électrique avec une mauvaise les grandes oscillations de la vitesse angulaire, ainsi que du système angulaire peuvent stable.

3.5. L'algorithme génétique utilisé dans l'optimisation des paramètres de PSS a les paramètres suivants :

- ✓ taille de la population : 20
- ✓ probabilités de croisement : 0.7
- ✓ probabilités de mutation : 0.001
- ✓ critère d'arrêt : max de génération
- ✓ type de sélection : méthode de roulette

3.5.1. Optimisation des paramètres de PSS avec les algorithmes génétiques

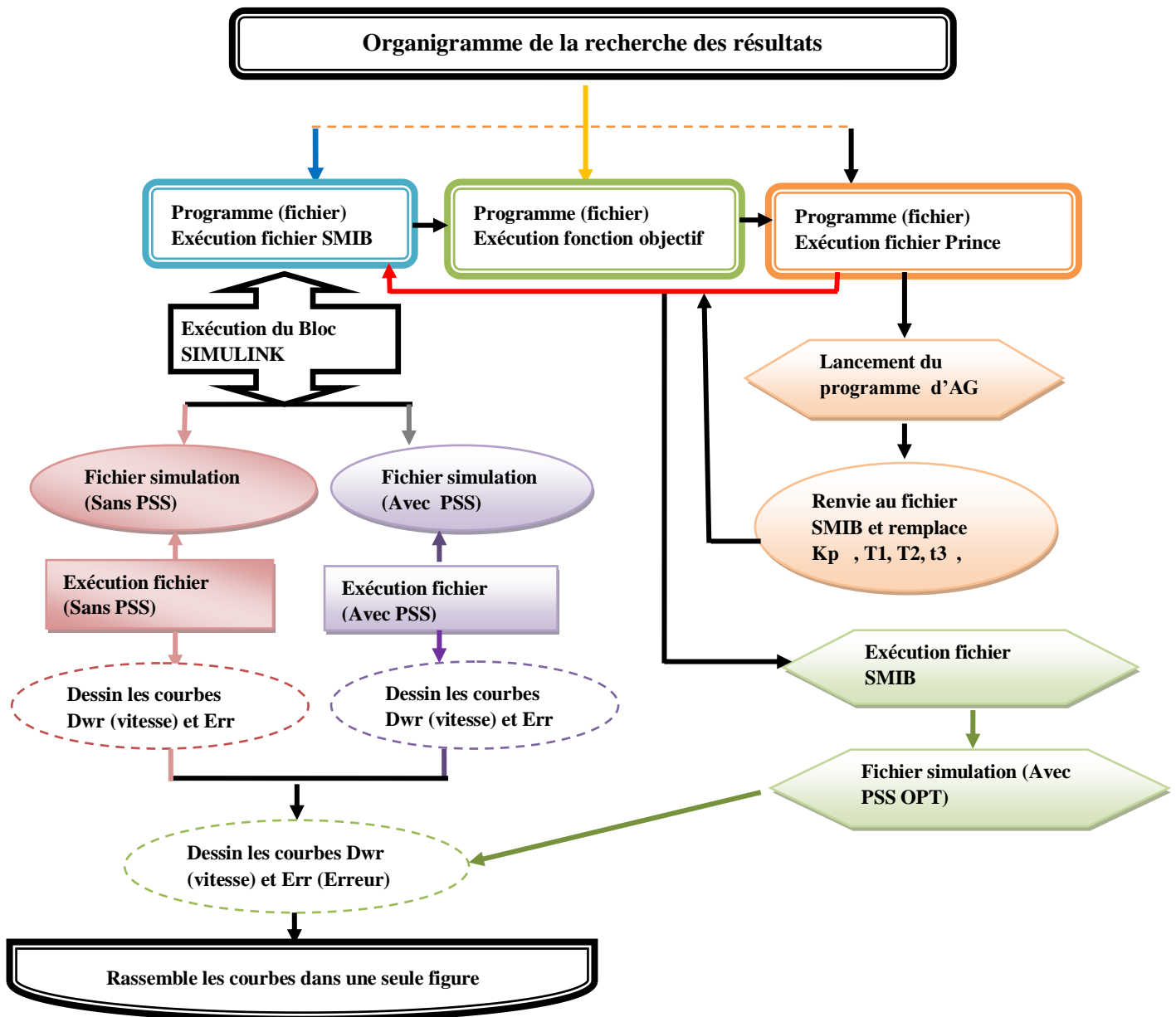


Figure 3.27 : Organigramme de la recherche des résultats

- Pour identifier les paramètres très ($K_1 \dots K_6$) pour avoir l'influence de l'intégration de PSS et l'optimisation de ses paramètres avec AG sur la stabilité du réseau électrique.

Tableau 3. 7: les paramètres de PSS avec les algorithmes génétiques

	Kp	Tw	T1	T2	T3	T4
Valeur min	5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Valeur max	70	10	1	1	1	1

3.6. Les valeurs optimales de PSS à chaque régime :

Dans cette partie nous avons fait l'optimisation des paramètres de PSS avec les algorithmes génétique.

3.6.1. Les paramètres de PSS avec les faibles charges :

Cas 1 : P =0.2 fixe ; Q = [0.8, 0.5, 0.3] p.u variable $\Delta Tm = 0.5$ p.u.

Tableau3. 8: PSS avec les algorithmes génétiques et l'AVR dans cas (P=0.2, Q= 0.8, 0.5, 0.3)

P	Q	T1	T2	T3	T4	Tw	Kp	Etat ($\Delta\delta, \Delta wr$, $\Delta Te, Err$)
0.2	0.8	0.5578	0.1652	0.2874	0.2656	0.1684	0.8115	stable
0.2	0.5	0.6612	0.2135	0.3128	0.3461	0.2616	0.8427	stable
0.2	0.3	0.6856	0.2619	0.3283	0.4283	0.3592	0.8575	stable

3.6.1.1. Les courbes $\Delta\delta, \Delta wr, \Delta Te, Err$ dans trois cas sans PSS et avec PSS et PSS avec les algorithmes génétique :

On choisi un cas **P=0.2, Q= 0.3**

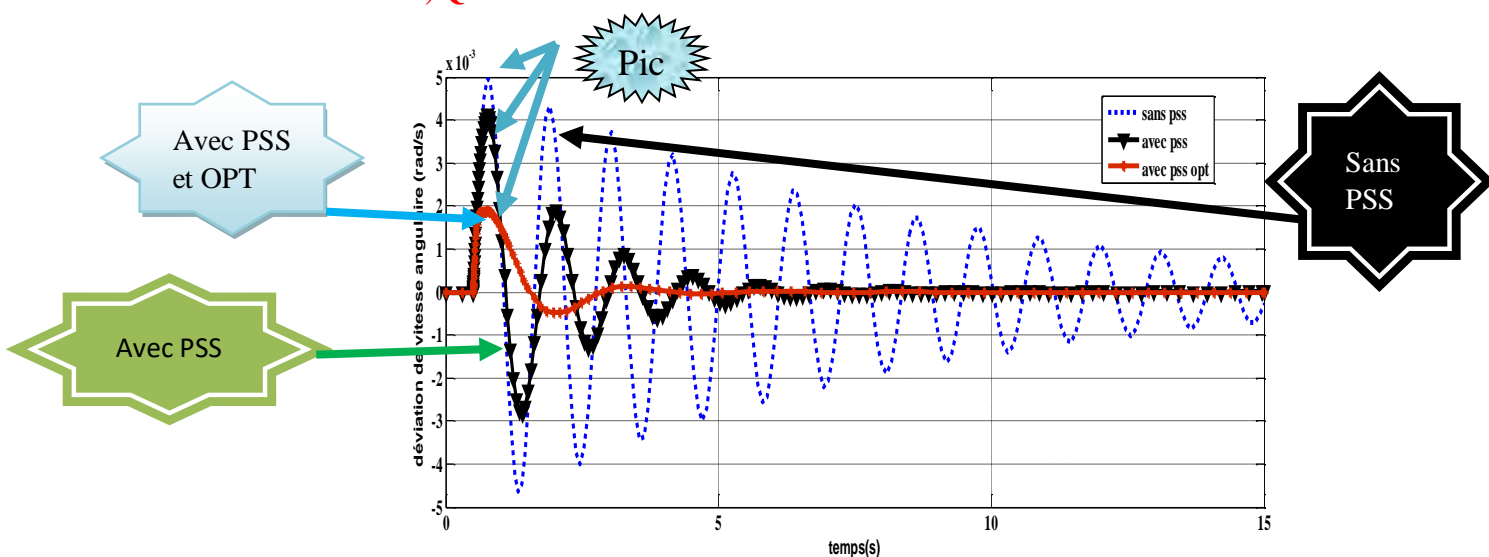


Figure 3.28 : courbe déviation de vitesse angulaire dans cas (P=0.2, Q=0.3)

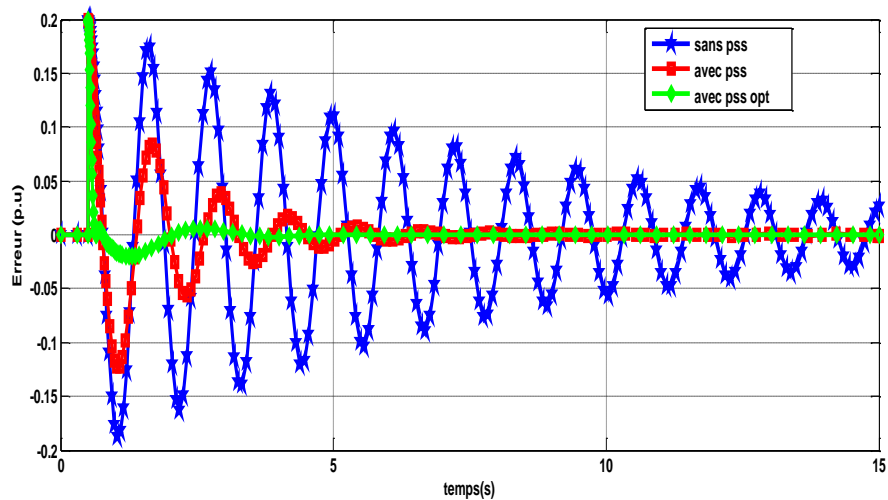


Figure 3.29 : courbe d'Erreur dans cas (P=0.2, Q=0.3)

Interprétation

Tableau 3. 9: la défronce entre trois courbes (Sans PSS et Avec PSS et Avec PSS OPT)

	Sans PSS	Avec PSS	Avec PSS OPT
Pic (rad/s)	5.10^{-3}	4.10^{-3}	2.10^{-3}
Tr(s)	30	10	5

D'après le Tableau 3.10 dresse à partir de la figure 3.27, l'intégration de PSS a permis de diminuer le Pic (5.10^{-3} ; 4.10^{-3} ; 2.10^{-3}) et TR (30 ; 10 ; 5) par noter l'optimisation du PSS améliore nettement les deux paramètres de stabilité (Pic , TR)

3.6.2. Les paramètres de PSS avec les moyennes charges:

Cas 2 : P =0.6 fixe ; Q = [0.8, 0.5, 0.3] p.u variable $\Delta Tm = 0.5$ p.u.

Tableau 3.10: PSS avec les algorithmes génétiques et l'AVR dans cas (P=0.6, Q= 0.8, 0.5, 0.3)

P	Q	T1	T2	T3	T4	Tw	Kp	Etat ($\Delta\delta, \Delta\omega_r$, $\Delta Te, Err$)
0.6	0.8	0.5373	0.4546	0.2848	0.7422	0.4151	0.7641	stable
0.6	0.5	0.6904	0.5708	0.3103	0.9323	0.5933	0.7692	stable
0.6	0.3	0.7729	0.6735	0.3260	1.1044	0.7402	0.7521	stable

3.6.2.1. Les courbes $\Delta\delta$, $\Delta\omega_r$, ΔT_e , Err dans trois cas sans PSS et avec PSS et PSS avec les algorithmes génétique :

On choisi un cas $P=0.6, Q=0.5$

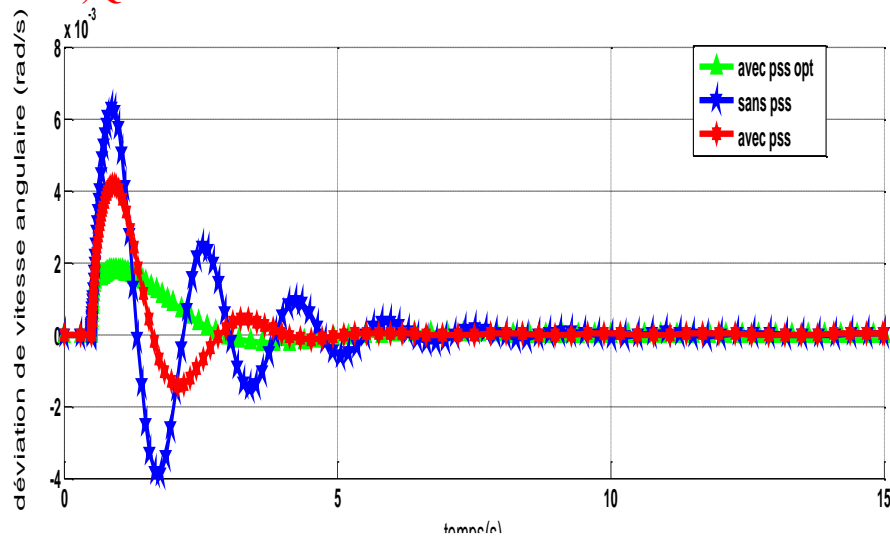


Figure 3.30 : courbe déviation de vitesse angulaire dans cas ($P=0.6, Q=0.5$)

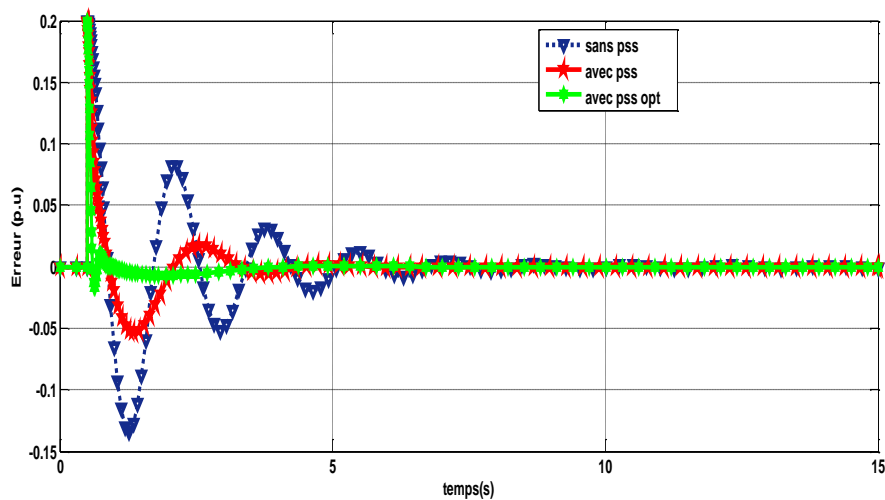


Figure 3.31: courbe d'Erreur dans cas ($P=0.6, Q=0.5$)

Interprétation

Tableau 3. 11: la défronce entre trois courbes (Sans PSS et Avec PSS et Avec PSS OPT)

	Sans PSS	Avec PSS	Avec PSS OPT
Pic(rad/s)	8.10^{-3}	$6.35.10^{-3}$	$4.25.10^{-3}$
Tr(s)	15	10	5

Comme nous avons remarque dans la section précédente, ce type de régime dans de fonctionnement ($P=0.6, Q=0.5$) a encoure prouvé que l'intégration du PSS a pu réduire le TR et le Pic (8.10^{-3} ; $6.35.10^{-3}$; $4.25.10^{-3}$) et le TR (15 ; 10 ; 5) et même choix et remarque après l'optimisation des paramètres PSS.

3.6.3. Les paramètres de PSS avec les grandes charges :

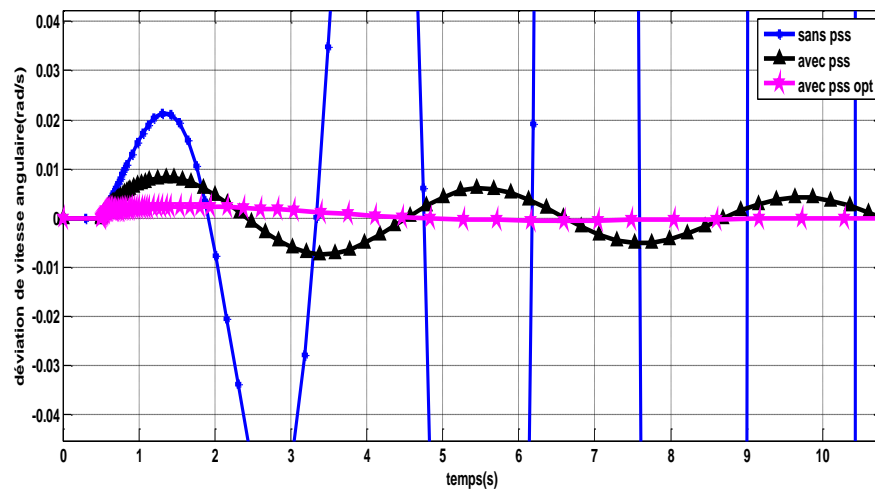
Cas 3 : $P=1.1$ fixe ; $Q = [0.8, 0.5, 0.3]$ p.u variable $\Delta T_m = 0.5$ p.u.

Tableau 3. 12: PSS avec les algorithmes génétiques et l'AVR dans cas ($P=0.2, Q= 0.8, 0.5, 0.3$)

P	Q	T1	T2	T3	T4	Tw	Kp	Etat ($\Delta\delta, \Delta w_r$, $\Delta T_e, Err$)
1.1	0.8	-0.4055	0.7154	0.2787	-1.1727	-0.4726	0.6518	stable
1.1	0.5	0.5949	0.8500	0.3045	1.3930	0.5856	0.6095	stable
1.1	0.3	-0.7010	0.9499	0.3204	-1.5582	-0.6324	0.5647	stable

3.6.3.1. Les courbes $\Delta\delta, \Delta w_r, \Delta T_e, Err$ dans trois cas sans PSS et avec PSS et PSS avec les algorithmes génétique :

On choisi un cas $P=1.1, Q= 0.8$



(a)

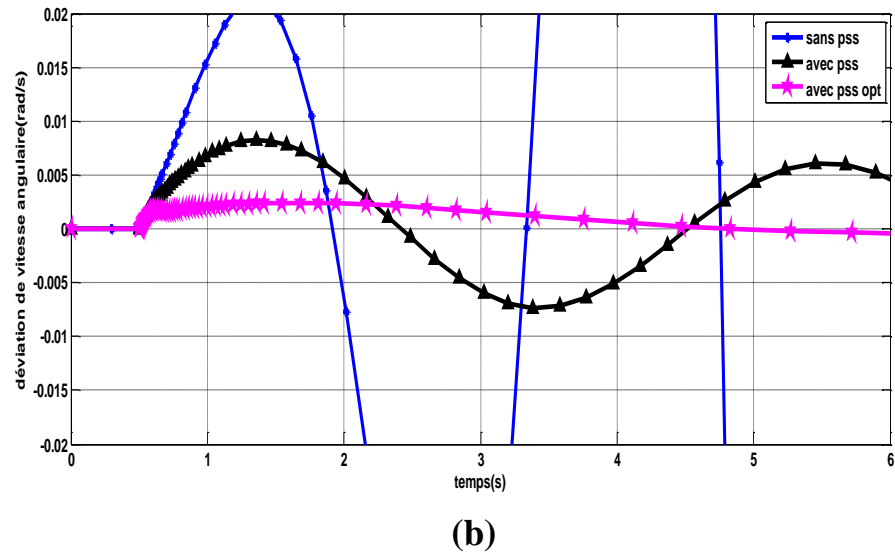


Figure 3.32 : courbe déviation de vitesse angulaire dans cas ($P=1.1$, $Q=0.8$)



Figure 'a' 1 : l'introduction des PSS vu le chevauchement des courbes, on a procédé à l'agrandissement (ZOOM) de la figure (a) pour avoir la figure 'b' ou il est claire que l'amélioration des performances de la stabilité (pic et temps de réponse) et nettement visible après l'optimisation des paramètres du PSS.

Conclusion

Les résultats de simulation ont montré que l'insertion de l'AVR peut améliorer la stabilité du réseau mais en présence du PSS le système peut s'améliorer en performance de stabilité (Amplitude de Pic et temps de réponse) en cas où le réseau étant déjà stable.

Malgré en cours, on a pu montrer que le PSS peut rendre le système stable après une instabilité dans le cas initial.

En arrivant à un choix optimal des paramètres du PSS à l'aide d'un algorithme génétique nous avons pu améliorer nettement la stabilité du réseau comme la montre les figures de comparaison.

Conclusion générale et perspective

Conclusion

Dans ce mémoire nous vous essangé de mettre en évidence l'influence de l'intégration des systèmes de régulation comme l'AVR géré par un stabilisateur de réseau (PSS) sur la stabilité du réseau en provoquant un défaut important (perturbation au niveau de la puissance mécanique).

Les réseaux test représenté par de réseau à jeu de barre infini, un fichier de simulation contenant le réseau test et tous les différents éléments de régulation a été élaboré.

Les résultats de simulation ont montré clairement l'amélioration de la stabilité après intégration du PSS et ce en influant sur le temps de réponse et l'amplitude de Pic.

Un code de calcul sous MATLAB a été développé afin d'appliquer l'algorithme génétique pour optimiser les paramètres du PSS.

Après simulation du réseau test avec les nouvelles valeurs optimisées des paramètres du PSS, une amélioration spectaculaire de la stabilité à été remarquée et ce sous plusieurs régimes de fonctionnement.

En fin, et comme perspective, on propose les tâches suivantes :

- Elgin le réseau test à un réseau multi machine.
- Appliquer d'autre méthode d'optimisation comme Essaims de particules
- Diversification de type de défaut (court-circuit,.....) ???

ANNEXE

Annexe A

A.1 Méthodologie de travail

L'objectif de l'étude du dispositif simultané associé à l'infini à travers une ligne transitoire est de considérer l'effet de l'AVR sur le changement de la nature de la charge et de la stabilité du réseau après avoir étudié l'effet sur la présence de PSS sur la stabilité transitoire du réseau électrique dans ce dernier cas, on compare les résultats obtenus entre l'effet d'AVR (sans PSS) et AVR et PSS (avec PSS).

A.2 Vérification de la simulation

Nous avons confirmé que les résultats calculés par l'analyse concordaient avec les mêmes résultats que ceux trouvés dans la simulation et voici les résultats obtenus avec les valeurs très approximatives de la simulation :

$$ksd = ksq = \frac{\Psi_{at}}{\Psi_{at} + \Psi_I}$$

$$\varphi = 18.43$$

$$It = P + jQ = (0.9 - j0.3) = \sqrt{(0.9)^2 + (-0.3)^2} = \mathbf{0.95} \quad \text{tg}^{-1} \left(\frac{0.3}{0.9} \right) = \mathbf{18.43}$$

$$\Psi_{at} = Ea = Et + (Ra + jXl) * It = 1 + (0.003 + j0.16) * (0.9 - j0.3) = 1 + (0.0507 + j0.1431) =$$

$$1.0507 + j0.1431 = \sqrt{(0.9)^2 + (-0.3)^2} = \mathbf{1.06} \quad \text{tg}^{-1} \left(\frac{0.1431}{1.0507} \right) = \mathbf{7.75}$$

$$\Psi_I = Asat * eBsat (\Psi_{at} - \Psi_{T1})$$

$$\Psi_I = 0.031 * e^{6.93} (1.06 - 0.8) = 0.19$$

$$\Psi_I = 0.19$$

$$ksd = ksq = \frac{\Psi_{at}}{\Psi_{at} + \Psi_I}$$

$$ksd = ksq = \frac{1.06}{1.06 + 0.19}$$

$$ksd = ksq = \mathbf{0.848}$$

$$X_{ads} = ksd. X_{adu} = 0.8481 * 1.65 = \mathbf{1.3992}$$

$$X_{aqs} = ksq. X_{aqu} = 0.8481 * 1.60 = \mathbf{1.3568}$$

$$X_d = X_{ad}. X_l = 0.8481 * 1.65 = \mathbf{1.3992}$$

$$X_q = X_{aq}. X_l = 0.8481 * 1.65 = \mathbf{1.3992}$$

$$X_s = X_{ad} + X_l = 1.3992 + 0.16 = \mathbf{1.5592}$$

$$E_q = E_t + (jX_s) * I_t$$

$$E_q = 1 + j1.5592 * (0.9 - j0.3) = 1.46776 + j1.40328 = \sqrt{(1.46776)^2 + (1.40328)^2} = 2.03$$

$$\delta_i = 43.71$$

$$\text{tg}^{-1} \left(\frac{1.40328}{1.46776} \right) = 43.71$$

$$e_{q0} = E_t * \cos \delta_i = 1 * \cos (43.71) = 0.72$$

$$e_{d0} = E_t * \sin \delta_i = 1 * \sin (43.71) = 0.69$$

$$i_{q0} = I_t * \cos(\delta_i + \varphi) = 1 * \cos (43.71 + 18.43) = 0.44$$

$$i_{d0} = I_t * \sin(\delta_i + \varphi) = 1 * \sin (43.71 + 18.43) = 0.83$$

$$e_d = R_E i_d - X_E i_q + E_{Bd}$$

$$E_{Bd} = e_{d0} - R_E i_d + X_E i_q = 0.69 - (0 * 0.69) + (0.65 * 0.44) = 0.97$$

$$R_E = 0$$

$$e_q = R_E i_d + X_E i_q + E_{Bd}$$

$$E_{Bq} = e_{q0} - R_E i_q - X_E i_d = 0.72 - (0 * 0.44) - (0.65 * 0.83) = 0.18$$

$$\delta_0 = \tan^{-1} \left(\frac{E_{Bd}}{E_{Bq}} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{0.97}{0.18} \right) = 79.48 \implies \delta_0 = 79.48$$

$$i_{fd} = E_q / X_{aq}$$

$$i_{fd0} = e_{q0} + R_a i_{q0} + X_{ds} i_{d0} / X_{ads} \implies X_{ds} = L_{ds} = K_{sd} * X_{adu} + L_l = X_{ad} + X_l$$

$$i_{fd0} = 0.72 + (0.003 * 0.44) + (1.5592 * 0.83) / 1.3992$$

$$i_{fd0} = 1.43$$

$$i_{fd} = E_q / X_{aq} = 2.03 / 1.3568 = 1.5$$

$$E_{fd} = X_{adu} * i_{fd0} = 1.65 * 1.43 = 2.3718$$

$$K_{sd} (\text{incri}) = 1 / (1 + B_{sat} * A_{sat} * e_{Bsat} (\Psi_{at} - \Psi_{T1}))$$

$$K_{sd} (\text{incri}) = 1 / (1 + 6.93 * 0.031 * e_{6.93} (1.06 - 0.8))$$

$$K_{sd} (\text{incri}) = 1 / 2.297 = 0.435 \iff K_{sd} (\text{incri}) = K_{sq} (\text{incri}) = 0.435$$

$$X_{adsi} = K_{sd} (\text{incri}) * X_{adu} = 0.435 * 1.65 = 0.717$$

$$X_{aqsi} = K_{sd} (\text{incri}) * X_{adu} = 0.435 * 1.60 = 0.696$$

$$D = RT^2 + XTq * XTd = 0.003^2 + (1.506 * 0.93) = \mathbf{1.40}$$

$$RT = Ra + RE \xrightarrow{\text{green arrow}} RT = Ra = \mathbf{0.003}$$

$$D = 1.40$$

$$RT = 0.003$$

$$X_{Tq} = X_E + (X_{aqs} + X_l) = X_E + X_{qs} = 0.65 + (0.696 + 0.16) = \mathbf{1.506}$$

$$X'_{ads} = 1/X_{ads} + 1/X_{fd} = 1/0.717 + 1/0.153 = \mathbf{0.12}$$

$$X_{Td} = X_E + (X'_{ads} + X_l) = X_E + X'_{ds} = 0.65 + (0.12 + 0.16) = \mathbf{0.93}$$

Tel que

$$m_1 = \frac{E_B(X_{Tq} \sin \delta_0 - R_T \cos \delta_0)}{D} = \mathbf{1.0486}$$

$$n_1 = \frac{E_B(R_T \sin \delta_0 - X_{Td} \cos \delta_0)}{D} = \mathbf{0.1258}$$

$$m_2 = \frac{X_{Tq}}{D} \left(\frac{L_{ads}}{L_{ads} + L_{fd}} \right) = \mathbf{0.8701}$$

$$n_2 = \frac{R_T}{D} \left(\frac{L_{ads}}{L_{ads} + L_{fd}} \right) = \mathbf{0.00179}$$

Tel que

$$K_1 = n_1(\Psi_{ad0} + L_{aqs} i_{d0}) - m_1(\Psi_{aq0} + L'_{ads} i_{q0}) = \mathbf{0.7645}$$

$$K_2 = n_2(\Psi_{ad0} + L_{aqs} i_{d0}) - m_2(\Psi_{aq0} + L'_{ads} i_{q0}) + \frac{L'_{ads}}{L_{fd}} i_{q0} = \mathbf{0.8549}$$

On a la matrice suivante

$$\begin{bmatrix} \Delta \dot{\omega}_r \\ \Delta \dot{\delta} \\ \Delta \dot{\Psi}_{fd} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & 0 & 0 \\ 0 & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \omega_r \\ \Delta \delta \\ \Delta \Psi_{fd} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_{11} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & b_{32} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta T_m \\ \Delta E_{fd} \end{bmatrix}$$

$$a_{11} = -\frac{K_D}{2H} = \mathbf{0} \quad \mathbf{KD = 0}$$

$$a_{12} = -\frac{K_1}{2H} = \mathbf{-0.00456}$$

$$a_{13} = -\frac{K_2}{2H} = \mathbf{-0.1236}$$

$$a_{21} = \omega_0 = 2\pi f_0$$

$$a_{32} = -\frac{\omega_0 R_{fd}}{L_{fd}} m_1 L'_{ads} = -0.1942$$

$$a_{33} = -\frac{\omega_0 R_{fd}}{L_{fd}} \left[1 - \frac{L'_{ads}}{L_{fd}} + m_2 L'_{ads} \right] = -0.422$$

$$b_{32} = \frac{\omega_0 R_{fd}}{L_{adu}} = 0.1366$$

ΔT_m , ΔE_{fd} dépends à la commandes de moteur et de l'excitation L_{ads} , L_{aqs} sont des inductances. En cette représentation, les caractéristiques dynamiques du système sont exprimées en termes constante K. de l'équation nous pouvons exprimer la charge en couple électrique comme fonction de $\Delta\delta$ et $\Delta\psi_{fd}$ comme suite

$$\Delta T_e = K_1 \Delta\delta + K_2 \Delta\psi_{fd}$$

Avec

$$K_1 = \Delta T_e / \Delta\delta \text{ Avec constant } \Delta\psi_{fd}$$

$$K_2 = \frac{\Delta T_e}{\Delta\psi_{fd}} \text{ Avec constant } \Delta\delta$$

La variation de $\Delta\psi_{fd}$ est déterminé par l'équation dynamique de circuit de champ

$$p\Delta\psi_{fd} = a_{32}\Delta\delta + a_{33}\Delta\psi_{fd} + b_{32}\Delta E_{fd}$$

Par les limites groupant $K_2\Delta\psi_{fd}$

$$\Delta\psi_{fd} = \frac{K_3}{1+pT_3} [\Delta E_{fd} - K_4\Delta\delta]$$

Tel que

$$K_3 = -\frac{b_{32}}{a_{33}} = 0.3230$$

$$K_4 = -\frac{a_{32}}{b_{33}} = 1.4217$$

$$T_3 = -\frac{1}{a_{33}} = K_3 T'_{d0} \frac{L_{adu}}{L_{ffd}} = 2.36647$$

$$K_5 = \frac{e_{d0}}{E_{t0}} [-R_a m_1 + L_l n_1 + L_{aqs} n_1] + \frac{e_{d0}}{E_{t0}} [-R_a n_1 + L_1 m_1 + L'_{ads} m_1] = 0.7234$$

$$K_6 = \frac{e_{i0}}{E_{i0}} [-R_a m_2 + L_l n_2 + L_{aqs} n_2] + \frac{e_{i0}}{E_{i0}} \left[-R_a n_2 + L_l m_2 + L'_{ads} \left(\frac{1}{L_{fd}} - m_2 \right) \right] = 0.6337$$

A.3 Résultat de la simulation :

ksd	Ksq	ed0	eq0	id0	iq0	Efd0	DELi	DELO	Ksdincr =ksqincr
0.8491	0.8491	0.6836	0.7299	0.8342	0.4518	2.3947	43.1255	79.1317	0.4337

Tableau A.3: Les valeurs de la simulation après la perturbation

A.4 Calcul des valeurs après la perturbation :

Laqsi	Ladsi	XTq	ladsh	RT	T3	K1	K2	K3	K4
0.6940	0.7156	1.5040	0.1260	0.030	2.3647	0.7655	0.8649	0.3230	1.4217
K5	K6								
0.7234	0.6357								

Tableau A.4 : Les valeurs de la simulation après la perturbation

Annexe B

B.1 Vérification l'influence du changement de la nature de la charge sur la stabilité du réseau

Les modèles représentent le dispositif synchrone associé à l'infini JB via la ligne de transmission du système d'excitation et à l'effet de l'AVR (voir figure A), facteurs K1, K2, K3, K4, K5, K6, KD Gex, H, T3, TR.

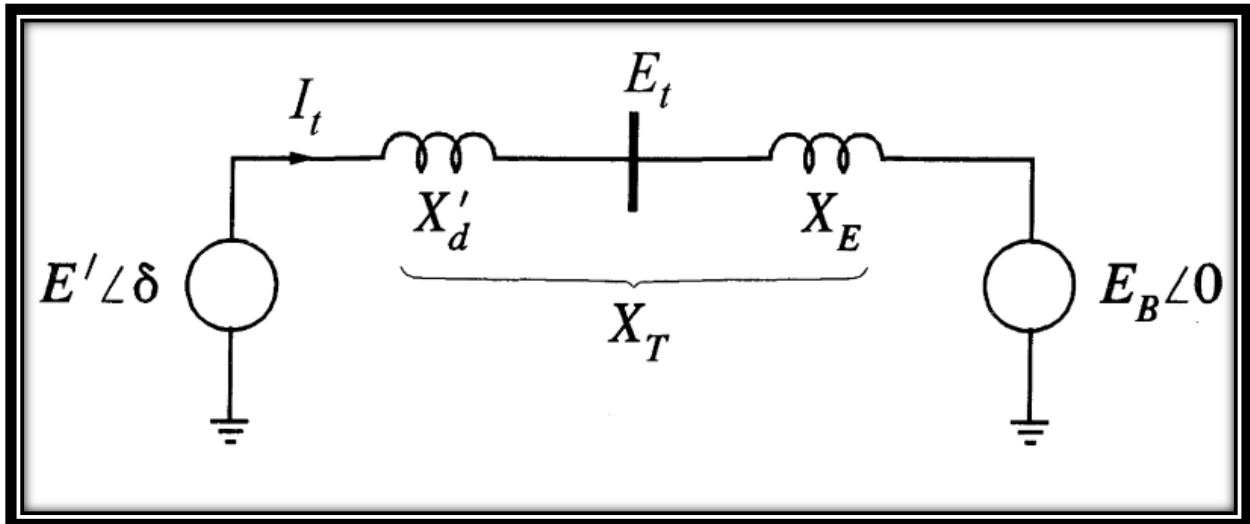


Figure a : Modèle classique de générateur

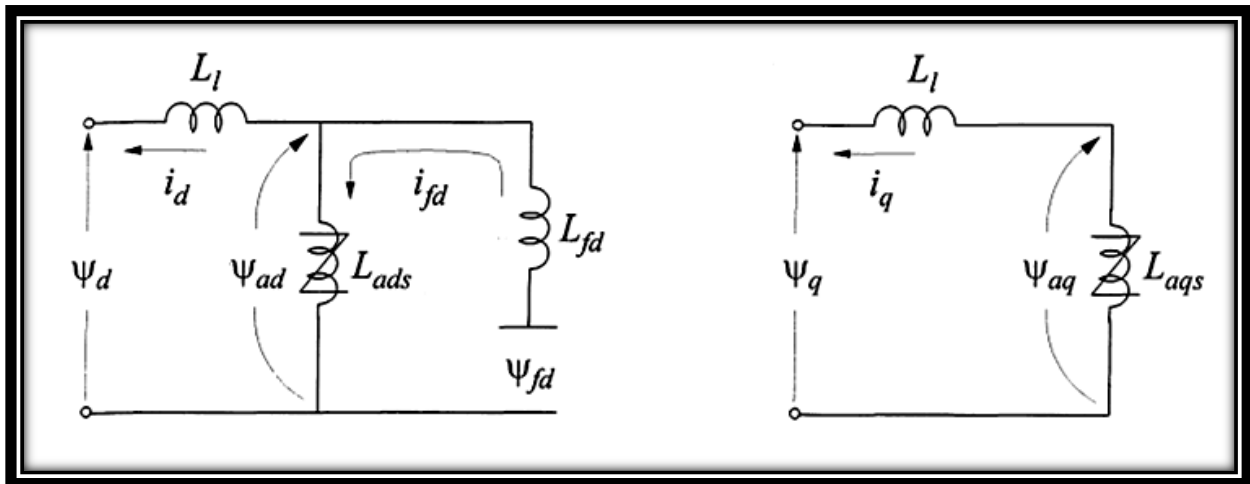


Figure b : Circuit équivalent

B.2 Les valeurs des paramètres de système de puissance :

$$K1 = \frac{E_B E_0 (R_T \sin \delta_0 - X_{Td} \cos \delta_0)}{D} + \frac{E_B i_{q0} (X_q - X'_d)}{D}$$

$$K2 = \left(\frac{L_{ads}}{L_{ads} + L_{fd}} \right) \left[\frac{R_T E_{q0}}{D} + \left(X_{Tq} \frac{(X_q - X'_d)}{D} + 1 \right) i_{q0} \right] (X_{Tq} \sin \delta_0 - R_T \cos \delta_0)$$

$$K3 = \frac{L_{ads} + L_{fd}}{L_{ads} + X_{Tq} \frac{(X_q - X'_d)}{D}}$$

$$K4 = - \frac{\omega_0 R_{fd}}{L_{fd}} m_1 L'_{ads} / L_{ads} + L_{fd}$$

$$K5 = \frac{e_{d0}}{E_{t0}} [-R_a m_1 + L_l n_1 + L_{aqs} n_1] + \frac{e_{d0}}{E_{t0}} [-R_a n_1 + L_l m_1 + L'_{ads} m_1]$$

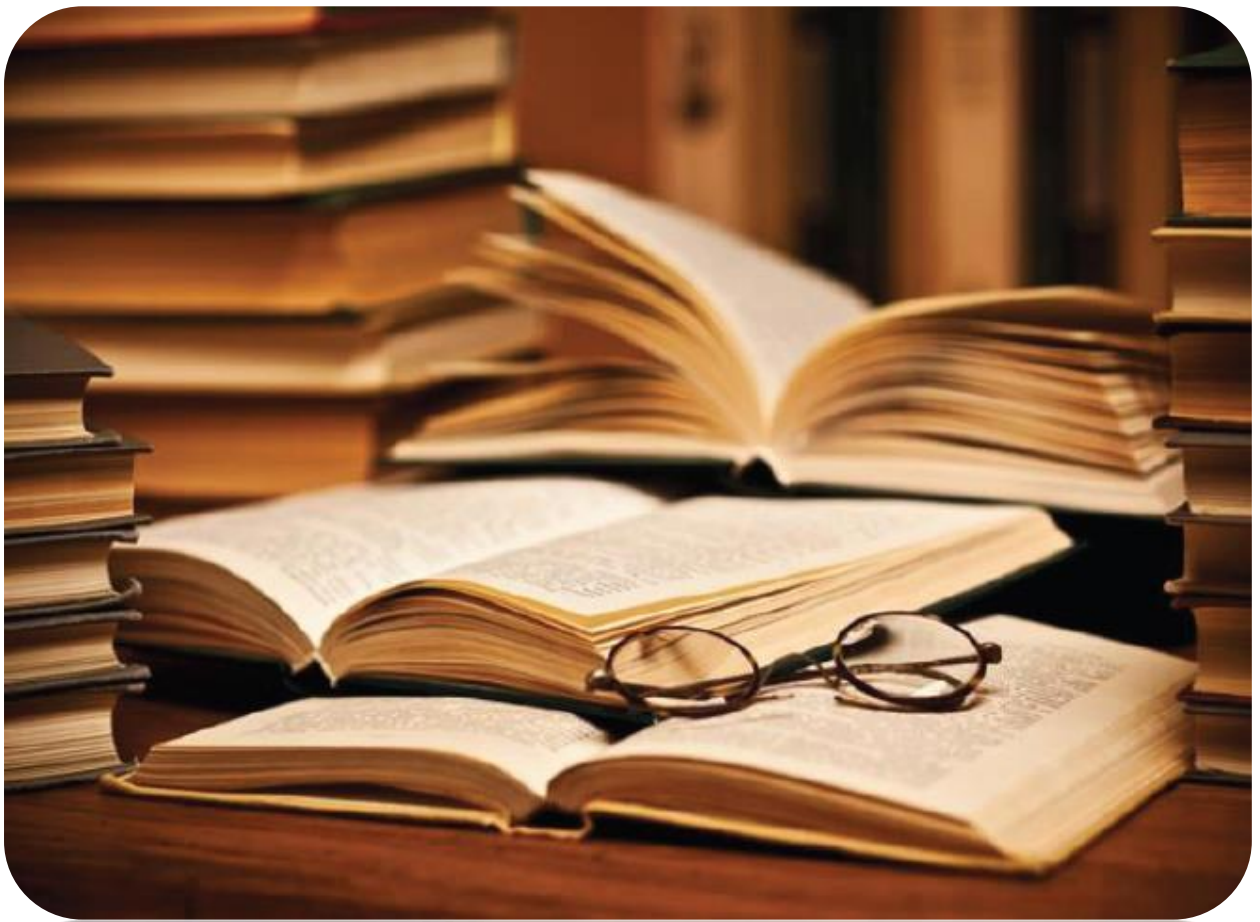
$$K6 = \frac{e_{d0}}{E_{t0}} [-R_a m_2 + L_l n_2 + L_{aqs} n_2] + \frac{e_{d0}}{E_{t0}} \left[-R_a n_2 + L_l m_2 + L'_{ads} \left(\frac{1}{L_{fd}} - m_2 \right) \right]$$

$$T3 = K3 T'_{d0} \frac{L_{adu}}{L_{ffd}}$$

K1	K2	K3	K4	K5	K6	KD	TR	T3	H	Gex(s)=KA
0.6856	0.2659	0.3283	0.4283	0.3592	0.8575	0	0.0200	2.4039	3.5	200

Tableau c : facteurs **K1, K2, K3, K4, K5, K6, KD, Gex(s), H, T3, TR.**

Référence Bibliographique



Référence Bibliographique

- [**ALK 08**] H. ALKHATIB, « étude de la stabilité aux petites perturbations dans les grands réseaux électriques : optimisation de la régulation par une méthode metaheuristique », thèse de doctorat de l'université Paul Cezanne d'Aix- Marseille, France, 05 décembre 2008.
- [**ELS 09**] W. ELSHAMY, Electrical Engineering Dept., Cairo University, Egypt, 2009
- [**GOL 89**] E. D. Goldberg, “Genetic Algorithms in Search Optimization and Machine Learning”, Addison-Wesley publishers, 1989.
- [**HOL 75**] Holland J., “Adaptation in natural and artificial systems”, University of Michigan Press, 1975.
- [**MAN 99**] K.F. Man, K.S. Tang et S. Kwong, “Genetic Algorithms”, Springer, Berlin, 1999.
- [**RAN 04**] L.H. Randy, E.H. Sue, “Practical genetic algorithms”;second edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2004.
- [**SIV 08**] S.N. Sivanandam and S.N. Deepa, “Introduction to Genetic Algorithms”, Springer Berlin Heidelberg New York, 2008.
- [**SRI 94**] N. Srinivas and L. M. Patnaik, “Genetic Algorithms: A Survey”, IEEE Computer, Vol. 24, No. 6, pp. 17-26, June 1994.
- [**KUN 94**] P. Kundur, Power system control and stability, McGraw-Hill Inc., 1994. P.M. Anderson .
- [**ZIA 13**] Ziad Bouchama,“ Stabilisateurs Synergétiques des Systèmes de Puissance”, Thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas– Setif 1, Faculté de Technologie, 12 décembre 2013.
- [**NES 08**] Nesmat Abu-Tabak, “Stabilité dynamique des systèmes électriques multimachines: Modélisation, commande, observation et simulation”, Thèse de doctorat, L'école Doctorale Electronique, Electrotechnique, Automatique De Lyon, le 19 Novembre 2008..
- [**HAM 13**] Hamadou Zakaria, “ Optimisation des paramètres d'un FACTS shunt pour l'amélioration de la stabilité transitoire d'un système électrique”,thèse de magistère En Electrotechnique, Université Ferhat Abbas– Setif 1, Faculté de Technologie, 12 décembre 2013.
- [**IEE 90**] IEEE Standard 421.2-1990, IEEE Guide for Identification, Testing, and Evaluation of the Dynamic Performance of Excitation Control Systems, 1990.

- [**LAR 81**] E.V. Larsen and D.A. Swann, Applying power system stabilizers part-II: Performance Objectives and Tuning Concepts, IEEE Trans. Power App. Sys, 100 (6)(1981) 3025-3033.
- [**AND 11**] Anders Hammer, “Analysis of IEEE Power System Stabilizer Models”, Master of Science in Electric Power Engineering, Norwegian University of Science and Technology Department of Electric Power Engineering, June 2011.
- [**ANT 00**] Antonio L. B. do Bomfim, Glauco N. Taranto, Member, IEEE, and Djalma M. Falcão, Senior Member, IEEE, “Simultaneous Tuning of Power System Damping Controllers Using Genetic Algorithms”, IEEE transactions on power systems, vol. 15. No. 1, February 2000.
- [**SID 07**] Sidhartha Panda and Narayana Prasad Padhy, “Power System with PSS and FACTS Controller: Modelling, Simulation and Simultaneous Tuning Employing Genetic Algorithm”, International Journal of Electrical and Electronics Engineering 2007.
- [**ALI 11**] Ali H.Ahmad, Ahmed A.Adelkader ‘Power system stabiliser design using real-coded Genetic Algorithm’ 2011 IEEEZ.
- [**RAF 11**] Rafiee, S. Ganjefar, A. F. Meyabadi, “A New PSS Tuning Technique Using ICA and PSO Methods with the Fourier Transform”, I.EEE.20110101.04, 2011.
- [**BRO 00**] Brogan W.L., Lee G.K.F., Sage A.P., Kuo B.C., Phillips C.L., Harbor R.D., Jacquot R.G.,McInroy J.E., Atherton D.P., Bay J.S., Baumann W.T. and Chow M-Y., Control Systems, The Electric Engineering Handbook, CRC Press LLC, Boca Raton, 2000.
- [**GHO 03**] Gholipour Shahraki E., Apport de l’UPFC à l’amélioration de la stabilité transitoire des réseaux électriques, Thèse de doctorat, Faculté des Sciences & Techniques, Université Henri Poincaré, Nancy-I, 2003.
- [**CIG 99**] CIGRE Task Force 38.02.17, 1999, Advanced Angle Stability Controls, A Technical Brochure for International Conference on Large High Voltage Electric Systems (CIGRE), December 1999.
- [**MES 04**] Messalti S. « Evaluation De La Stabilité Transitoire Des Systèmes Électro énergétiques Par Les réseaux De Neurones » Mémoire présente a l’université de Sétif faculté des sciences de l’ingénieur département d’électrotechnique Pour l’obtention du diplôme de Magister juin 2004.

[**IEE 04**] IEEE/CIGRE Joint Task Force on Stability Terms and Definitions, « Definition and Classification of Power System Stability », IEEE Trans. On Power Systems, vol. 19, n°. 2, pp. 1387-1401, May 2004.

[**LAS 88**] Laslo Z. Racz et Bela Bokay, Power System Stability, Ed Elsevier, Amsterdam, 1988, (Vol.30).

[**SON 99**] A.Sonnennooser and P.W Lehn: « Line current balancing with a unified. power flow controller », IEEE trans. On power delivery. Vol.14. N° 3.pp.1151-1157, july 1999

[**GRU 99**]. R.Grunbaum : « FACTS- les systèmes performants pour le transport flexible de l'énergie électrique », Revue ABB 5 / 1999.pp.202-203.

[**SEB 09**] Sebaa, K., Boudour, M., "Optimal locations and tuning of robust power system stabilizer using genetic algorithms". Electr Power Syst Res;79: 406–16, (2009).

[**RAM 10**] Ramakrishna, G., Malik, OP., "Adaptive PSS using a simple on-line identifier and linear pole-shift controller". Electrical Power Syst Res; 80:406–16.<http://dx.doi.org/10.1016/j.epsr.2009.10.004>, (2010).

[**SAM 14**] Sambariya, D.K., Prasad, R., "Robust tuning of power system stabilizer for small signal stability enhancement using metaheuristic bat algorithm" Electrical Power and Energy Systems, 61: 229–238, (2014)

[**WEN 03**] Wenxin, et al., "Design of an adaptive neural network based power system stabilizer." Advances in Neural Networks Research: IJCNN '03, June-July 2003, Issue 5-6, Vol. 16, pp. 891-898.

[**HSU 91**]Hsu et Chen, C.L., "Tuning of power system stabilizers using an artificial neural network." IEEE Transaction on Energy Conversion, 1991, Issue 4, Vol. 6, pp. 612–619.

[**MET 96**] El-Metwally, K.A., Hancock, G.C. et Malik, O.P., "Implementation of a fuzzy logic PSS using a micro-controller and experimental test results." IEEE Transaction on Energy Conversion, 1996, pp. 91–96.

[**HIY 99**] Hiyama, T. et Tomsovic, K., "Current status of fuzzy system applications in power systems." Tokyo : s.n., 1999. Proceedings of the IEEE, SMC99. pp. 527–532.

[**SEB 05**] Sebaa, K, Boudour, M et Hellal, A., "Fuzzy-Logic-Based Power System Stabilizer

for weakly connected power systems." Algiers : s.n., 19 et 20 Septembre 2005. 1ere Conference internationale sur le transport d'Electricite en Algerie.)

الملخص

شبكات الطاقة معرضة لجميع أنواع الحوادث التي قد تؤثر على استقرار الشبكة الأخيرة أو حتى الانهيار التام لشبكات الطاقة (انقطاع التيار الكهربائي) ؛ أصبح تحسين الاستقرار هدفاً ذا أولوية. نظام استقرار الطاقة (PSS) هو جهاز مصمم لتحسين الاستقرار الديناميكي للشبكات. الهدف من عملنا هو ضمان الحد الأقصى من التخميد وتقليل وقت الاستجابة ، للقيام بذلك قمنا بتطوير طريقة تحسين عالمية تستند إلى الخوارزميات الجينية التي سمحت بالإعداد الأمثل لمعاملات PSS حيث أظهرت نتائج المحاكاة كفاءة تكامل PSS وخاصة تحسين معالمها في تحسين استقرار الشبكة الكهربائية. .

الكلمات المفتاحية: الشبكات الكهربائية - الاستقرار - PSS - التحسين - الخوارزمية الجينية.

Résumé

Les réseaux électriques sont vulnérables à tout sorte d'incidents qui risque d'influer sur la stabilité de ces derniers voire même l'écroulement total des réseaux électriques (Black-out) ; l'amélioration de la stabilité est donc devenue un objectif prioritaire. Le Power system Stabilizer (PSS) est un dispositif conçu pour l'amélioration de la stabilité dynamique des réseaux. L'objectif de notre travail est d'assurer un amortissement maximum et une minimisation du temps de réponse, Pour ce faire, nous avons développé une méthode d'optimisation globale basée sur les algorithmes génétiques qui a permet un réglage optimal des paramètres de PSS où les résultats de simulations ont montré une efficacité de l'intégration du PSS et en particulier l'optimisation de ses paramètres dans l'amélioration de la stabilité du réseau électrique. .

Mots clés : Réseaux électriques – Stabilité – PSS – Optimisation -Algorithme génétique .

Abstract

Power grids are vulnerable to all sorts of incidents that may affect the stability of the latter or even the total collapse of the power grids (Black-out); improving stability has therefore become a priority objective. The Power System Stabilizer (PSS) is a device designed to improve the dynamic stability of networks. The goal of our work is to ensure a maximum damping and a minimization of the response time, to do this we have developed a global optimization method based on genetic algorithms that has allowed an optimal setting of the parameters of PSS where the results of simulations showed an efficiency of the integration of the PSS and in particular the optimization of its parameters in the improvement of the stability of the electrical network. .

Key words: Electrical networks - Stability - PSS - Optimization - Genetic Algorithm.