

# Impact of Renewable Energies Integration in Interconnected Power System: Transmission-Distribution

## Impact d'Intégration des Energies Renouvelables dans un Réseau Electrique Interconnecté: Transport-Distribution

A. SAIM, N. KOUBA, Y. AMRANE, M. LAMARI and S. SADOUDI

**Abstract-** Interconnected power systems provide the link between large production centers and large consumption areas (transmission-distribution). They also allow power exchange through the power lines (tie-lines). Nowadays, the use of renewable energy sources (RESs) such photovoltaic (PV) and wind power generation are experiencing significant growth. The imbalance between supply and demand causes disruptions in the system, which can degrade the performance of the electricity grid and cause instances of instability. In order to guarantee operational safety, ensure the normal operation of the system and limit the number and consequences of incidents, the stability of electricity networks in the presence of renewable energies presents a major issue in the management of the grid.

**Keywords -** power system, Stability, photovoltaic, wind turbine.

**Résumé—** Les réseaux interconnectés assurent la liaison entre les grands centres de production et les grandes zones de consommation (transport-distribution). Ils permettent aussi d'échanger de la puissance à travers les lignes électriques. De nos jours, l'utilisation de l'énergie renouvelable (ENR) à grand échelle passe dans les pays industrialisés par la réalisation des systèmes connectés aux réseaux électriques ces systèmes à source ENR (PV et éolienne) connaissent un essor important. Le déséquilibre entre l'offre et la demande provoque des perturbations dans le système, ce qui peut dégrader les performances du réseau électrique et cause des cas d'instabilité. Dans le but de garantir la sûreté de fonctionnement, d'assurer le fonctionnement normal du système et de limiter le nombre et les conséquences d'incidents, la stabilité des réseaux électriques en présence des énergies renouvelables pose donc un problème majeur dans la conduite des systèmes électriques.

**Mots clés—** Réseau Electrique, Stabilité, photovoltaïque, éolienne.

### I. INTRODUCTION

La demande en énergie électrique est en croissance perpétuelle, qui a pour conséquence, un accroissement de puissance à générer, à transporter et à distribuer. Par conséquent, les réseaux d'énergie électrique deviennent de

plus en plus grands et compliqués, d'où l'intérêt permanent de chercher les moyens adéquats afin de les exploiter efficacement et économiquement, l'interconnexion des réseaux électriques en fait parti, elle permet de diversifier les centres de production ce qui offre des équipements de secours en cas de panne généralisé, et optimiser la disponibilité de cette énergie [1-3].

L'interconnexion exige des infrastructures précises, où la tension et les fréquences doivent être obligatoirement gérés et fixés dans les limites imposés par le réseau, la méthode qui sert à surveiller ces paramètres est le calcul de l'écoulement de puissance, qui est généralement résolue grâce à la méthode de Newton-Raphson, cette méthode itérative est appliquée sur des systèmes de Transport qui se caractérise par de très hautes tensions allant jusqu'à 400kV en Algérie, à des réseaux de Distribution.

Pour l'amélioration des systèmes d'un point de vue économique, les énergies renouvelables deviennent de plus en plus convoitées, ce qui pousse à adopter des productions décentralisées, intégrant des sources d'énergies renouvelables aux réseaux [4].

L'objectif du ce travail est d'étudier l'impact de l'intégration des énergies renouvelables (ENRs) sur la sécurité d'un réseau interconnecté. Et afin d'étudier le réseau proposé, le logiciel de simulation nommé PSAT (Power System Analysis Toolbox) est utilisé pour simuler les différents cas d'études présentées dans ce travail [5].

### II. PRESENTATION DU RESEAU

Le réseau d'interconnexion étudié dans ce travail présente l'interconnexion entre deux différents réseaux. Le premier est un réseau de transport (figure1) et le deuxième présente réseau de distribution radiale (figure2). La combinaison des deux réseaux donne un réseau d'interconnexion comportant 27 nœuds, 7 Générateurs, 12 transformateurs et 18 charges.

Laboratory of Electrical and Industrial Systems, University of Science and Technology Houari Boumediene, El Alia 16111, Bab Ezzouar. Algiers. Algeria, Email: nkouba@usthb.dz.

## A. Réseau de transport

La figure.1 représente le réseau test de transport du Midwest des Etats-Unis, il comporte 14 nœuds, 6 Générateurs, 4 transformateurs et 11 charges. Le 1er nœud sera considéré comme nœud de référence.

La fonction première des grands réseaux de transport est d'assurer la liaison entre les centres de production et les grandes zones de consommation. Par ailleurs, le maillage du réseau contribue à la sécurité d'alimentation et permet de faire face, dans des conditions économiques satisfaisantes, aux aléas locaux ou conjoncturels (indisponibilité d'ouvrage, aleva de consommation, incident...) qui peuvent affecter l'exploitation.

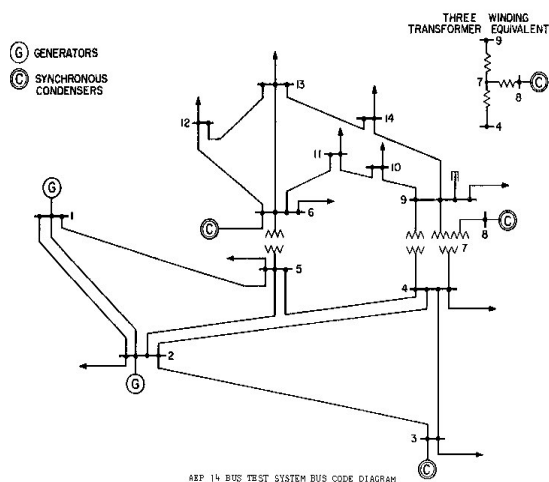


Figure. 1 Schéma du réseau de Transport.

## B. Réseau de distribution

La figure.2 représente le réseau industriel réel de distribution composé de 13 nœuds, équipé de 2 Générateurs, 7 Transformateurs et 7 Charges.

Le réseau de distribution est arborescent, non maillés. Cela signifie que tout point desservi n'est, à chaque instant, alimenté que par un seul chemin électrique, venant d'un poste source, passant successivement dans un réseau HTA, dans un poste de distribution HTA/BT puis dans un réseau BT.

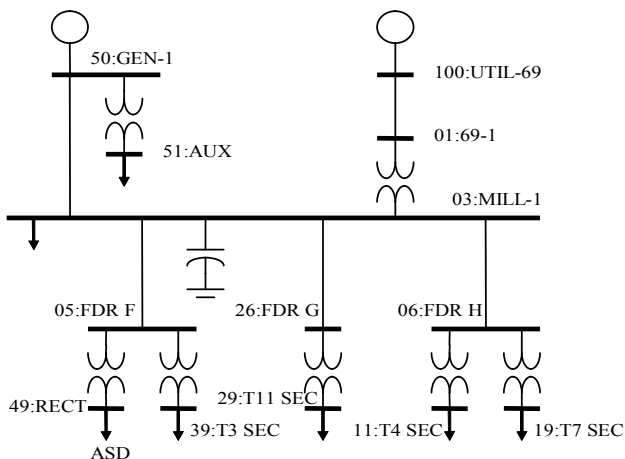


Figure. 2 Schéma du réseau de distribution.

## III. MODELISATION D'EOLIENNE

L'énergie éolienne est produite sous forme d'électricité par une éolienne. Des éoliennes formées d'un mat surmonté d'un générateur électrique entraîné par une hélice, sont positionnées idéalement sur les plans d'eau ou les collines ventées.

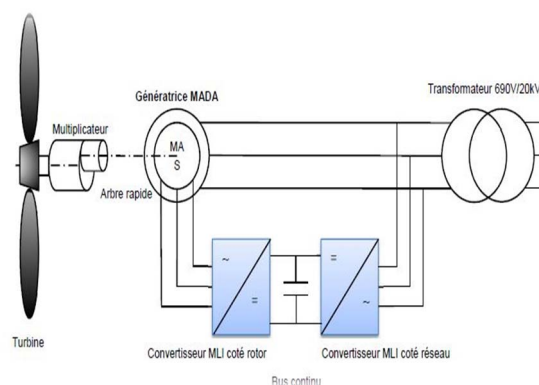


Figure .3 Eolienne à Machine Asynchrone Double Alimentation.

Dans notre travail, nous avons utilisé le modèle MADA pour présenter la production d'énergie éolienne dans l'étude d'analyse d'impact. Elle comporte plusieurs avantages qui sont :

- Régulation de la vitesse de rotation du rotor, en fonction de la vitesse du vent.
- Permet d'extraire le maximum de puissance grâce à son fonctionnement en génératrice hypo synchrone et hyper synchrone.

## IV. MODELISATION DU GENERATEUR PHOTOVOLTAÏQUE

L'énergie solaire est l'énergie renouvelable la plus disponible et la plus importante, Une centrale photovoltaïque est une usine de production d'électricité utilisant les rayonnements solaire, l'énergie solaire photovoltaïque désigne l'électricité produite par transformation d'une partie du rayonnement solaire avec une cellule photovoltaïque, plusieurs cellules sont raccordées entre elles pour former un panneau solaire ou un module photovoltaïque. Plusieurs modules qui sont regroupés dans une centrale solaire photovoltaïque sont appelés champ photovoltaïque.

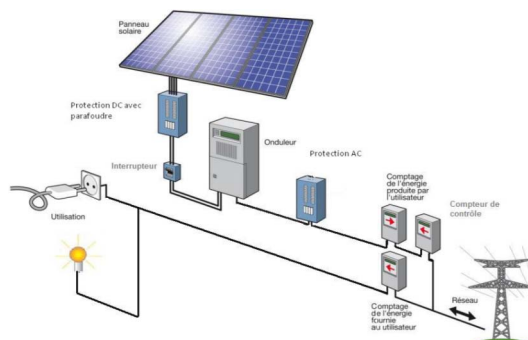


Figure .4 Modèle du générateur photovoltaïque.

## V. PRESENTATION DU LOGICIEL PSAT

PSAT \_ Power System AnalysisToolbox \_ est une boîte à outils MATLAB pour l'analyse et le contrôle du système d'alimentation électrique créée par le professeur Federico Milano. Toutes les opérations peuvent être évaluées à l'aide de graphiques interfaces utilisateur (GUI) et une bibliothèque en MATLAB Simulink, c'est un outil facile à utiliser pour la conception du réseau.

## VI. SIMULATIONS STATIQUE ET DYNAMIQUE

Il existe plusieurs phénomènes à étudier dans les réseaux électriques [6-7]:

- La variation de tension en régime transitoire et statique.
- Inversion et interaction du sens de puissance dans le réseau.
- Impactes sur les réglages des protections  $I_{max}$  et  $U_{max}$ .
- Fluctuation de la vitesse et tension.
- L'augmentation des prêts et modification du facteur de puissance.

## VII. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Dans cette simulation les productions centralisées ont été remplacés par 10% et 50% de la production décentralisée (PV et Eolienne). D'après les résultats obtenus, on distingue 3 phases différentes :

- 1er cas : Analyser le réseau sans intégration des ENRs.
- 2ème cas : Système Stable : Intégration de 10% de la production ENRs.
- 3ème cas : Système Instable : Intégration de 50% de la production ENRs.

### A. Avant l'intégration

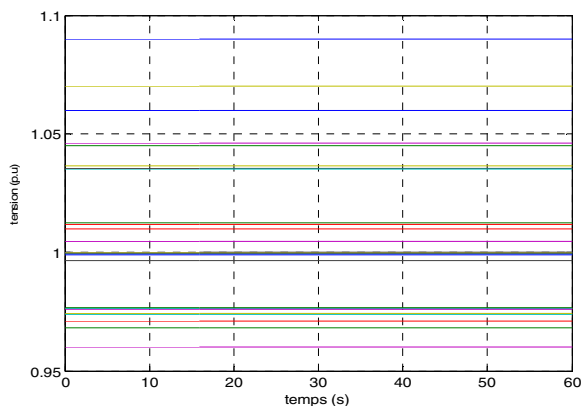


Figure .5 Tensions des nœuds (pu).

### B. Intégration d'une Centrale Photovoltaïque

**STABLE**

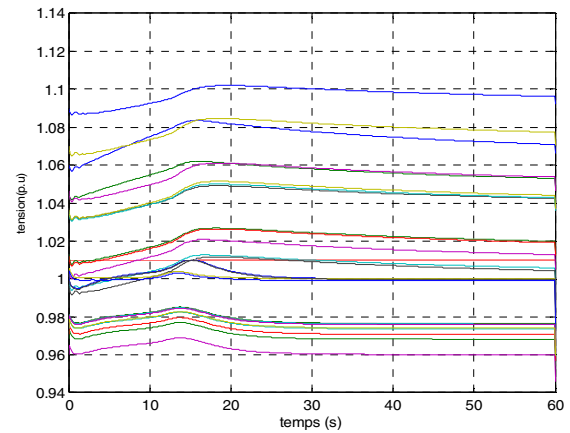


Figure .6 Tensions des nœuds (pu).

**INSTABLE**

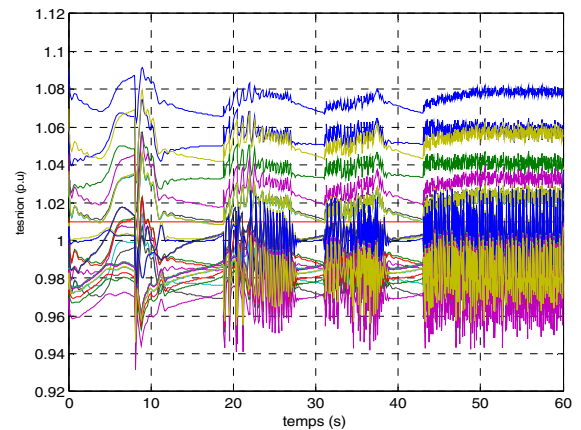


Figure .7 Tensions des nœuds (pu).

### C. Intégration d'une centrale éolienne

**STABLE**

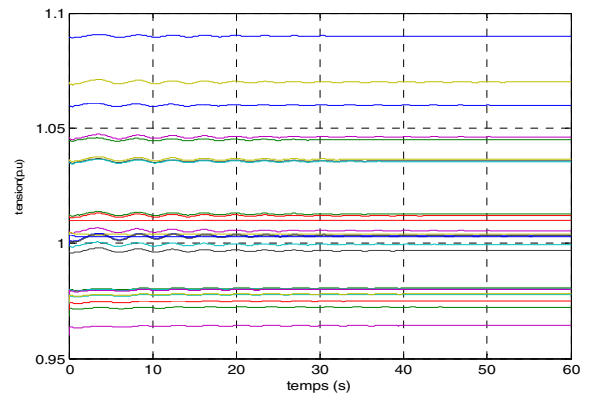


Figure .8 Tensions des nœuds (pu).

**INSTABLE**

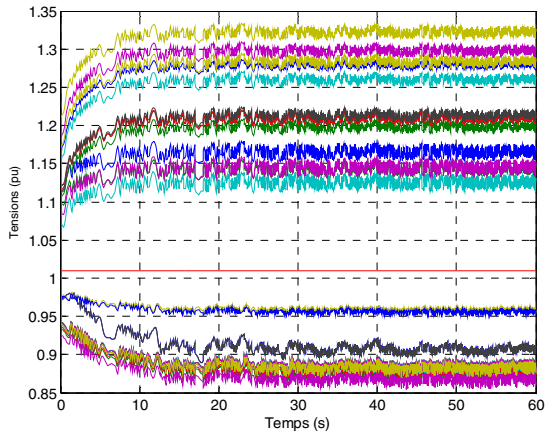


Figure .9 Tensions des nœuds (pu).

**A. Avant l'intégration**

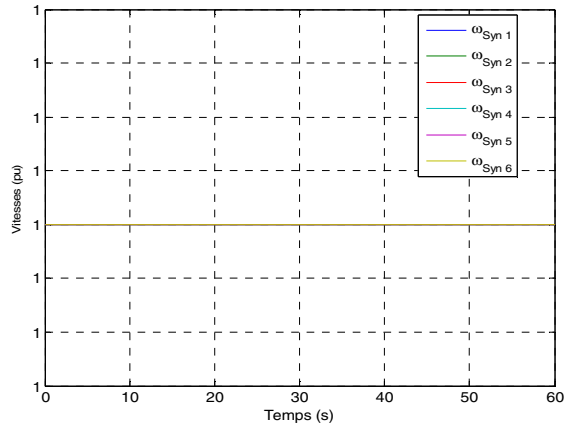


Figure.12 Vitesse des Générateurs (pu).

**D. Intégration d'une Centrale Photovoltaïque et une ferme éolienne**

**STABLE**

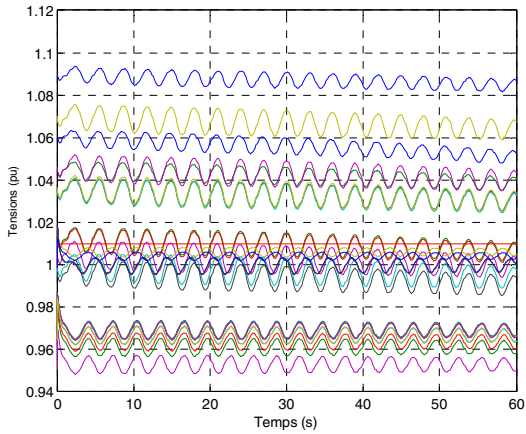


Figure .10 Tensions des nœuds (pu).

**B. Intégration d'une Centrale Photovoltaïque**

**STABLE**

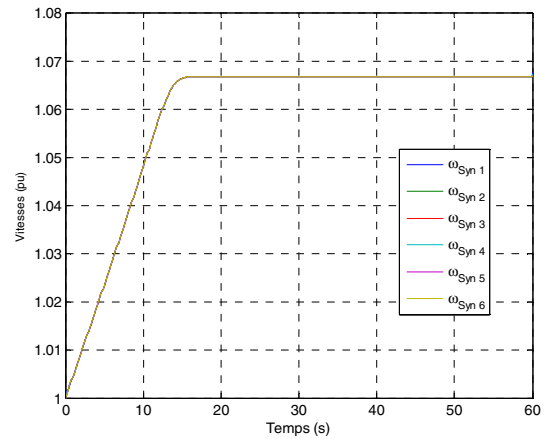


Figure.13 Vitesse des Générateurs (pu).

**INSTABLE**

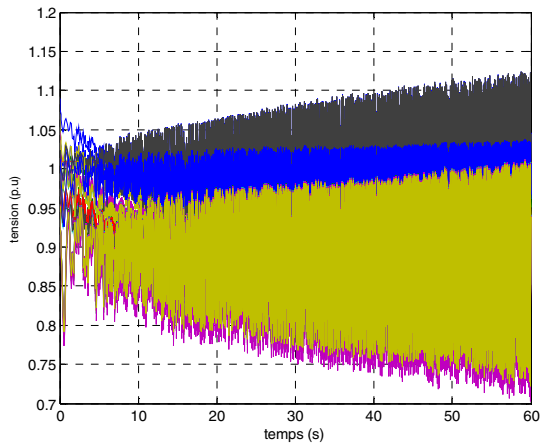


Figure .11 Tensions des nœuds (pu).

**INSTBALE**

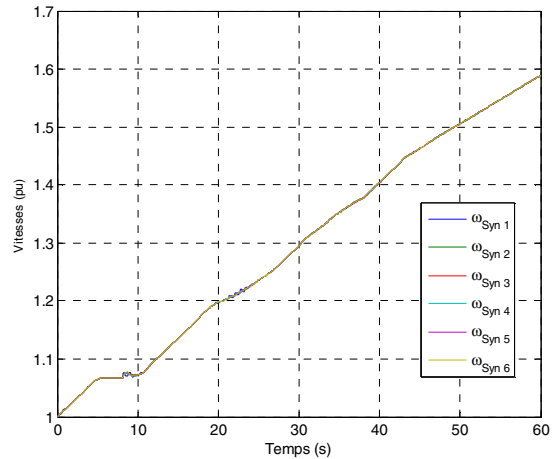


Figure.14 Vitesse des Générateurs (pu).

### C. Intégration d'une centrale éolienne

**STABLE**

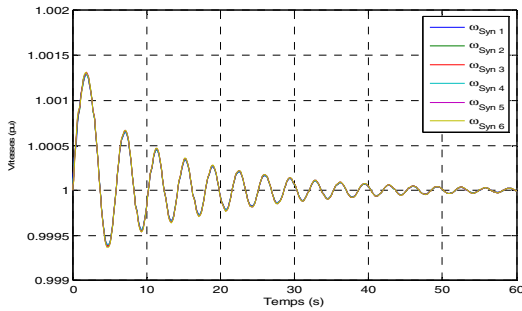


Figure.15 Vitesse des Générateurs (pu).

**INSTBALE**

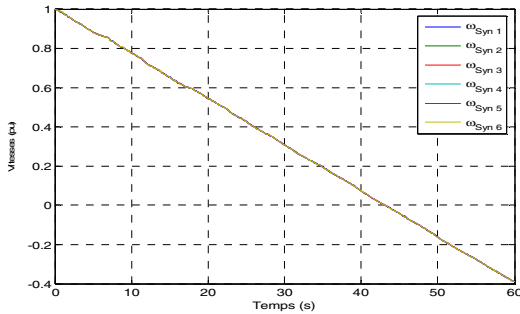


Figure.16 Vitesse des Générateurs (pu).

### D. Intégration d'une Centrale Photovoltaïque et une ferme éolienne

**STABLE**

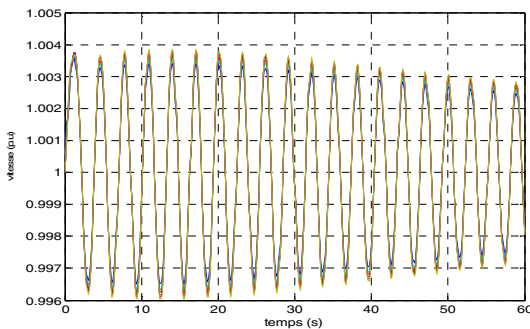


Figure.17 Vitesse des Générateurs (pu).

**INSTBALE**

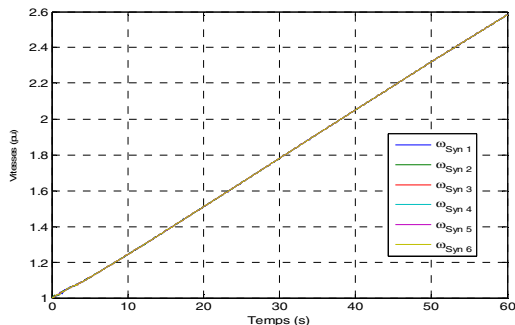


Figure.18 Vitesse des Générateurs (pu).

D'après les résultats obtenus, nous avons remarqué 2 cas:

1. Un cas stable avant l'intégration.
2. Un cas stable après l'intégration.

De plus, d'après les résultats, on remarque que la génération PV et Eolienne cause un régime perturbé qui peut se composer en deux partie :

- Le Régime transitoire : intervient juste après l'intégration (quelque secondes).
- Le Régime dynamique : correspond plutôt aux phénomènes plus lents, intervient après le régime transitoire et il peut durer plusieurs minutes.

D'après les résultats, on remarque qu'avec un taux d'intégration de 10% le système garde son fonctionnement stable, par contre avec une intégration massive des ENRs le système peut se retrouver dans un cas d'instabilité.

D'après la simulation et les résultats, et basant sur notre étude statique et dynamique on a conclu que l'intégration des ENRs peut affecter les zones voisines dans les systèmes interconnectés. Comme solution des réglages centralisés pour la tension et la fréquence prouvent résoudre le problème d'instabilité des réseaux électriques en présence d'une quantité massive des énergies renouvelables.

### VIII. CONCLUSION

Dans ce travail, Nous avons traité la problématique de l'intégration des énergies renouvelables (éolienne et PV) dans un réseau de interconnecte, dû, l'objectif est d'analyser le comportement dynamique de système en présence de ce type d'énergie et contribution aux service de réglage de tension et fréquence, stabilité des fermes éoliennes, PV et du réseau lord de défaut et la qualité de tension...etc. Ainsi que l'étude de la possibilité d'une intégration massive des énergies renouvelables.

### Références

- [1]. N.E.L.Y. KOUBA, A. BENSEDDIK " Evaluation de la Stabilité Transitoire des Réseaux Electriques ", Thèse de Master, USTHB/LSEI, juin 2012.
- [2]. M. BOUDOUR, A. HELLAL, "réseaux électriques fondamentaux et concepts de base", page bleu, Algérie, 2011.
- [3]. H. ALKHATIB, "Etude de la stabilité aux petites perturbations dans les grands réseaux électriques : optimisation de la régulation par une méthode Meta heuristique", Thèse de doctorat, université Paul Cézanne d'Aix-Marseille, 2008.
- [4]. V. ACQUAVIVA "Analyse de l'intégration des systèmes énergétiques a source renouvelables dans les réseaux électriques", Thèse de doctorat, le 11 juillet 2009.
- [5]. Federico. Milano, An Open Source Power System Analysis Toolbox", juin 2006.
- [6]. P. KUNDUR, «Power System Stability and Control ", McGraw-Hill Inc, 1994.
- [7]. M.A. PAI, "Power system dynamics and stability ", Prentice Hallm, Inc. Upper Saddle Rivers, New Jersey 07458, 1998.