

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des Sciences Appliquées

Département de Génie Electrique



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et technologies

Filière : Electrotechnique

Spécialité : Réseaux électriques

Présenté par :

AYMEN BERROUBA

KRIBAA SLIMANE

Theme:

Analyse de la stabilité électrique en présence de système de stockage et des sources renouvelables

Soumis au jury composé de :

M^f Djafour Ahmed

MCA

Président

UKM Ouargla

M^f Boubekeur Bouhadouza

MAA

Encadreur/rapporteur

UKM Ouargla

M^f Bouhafis Ali

MAA

Examineur

UKM Ouargla

Année universitaire 2020/2021

Dédicace

J'ai le grand honneur de dédier ce travail à :

Mon très cher père

Ma très chère mère

Mon très cher frère

Mes très chères sœurs

Mes chers oncles

Tous les membres de la famille BERROUBA et KRIBAA;

A tous mes amis et proches

A tous mes camarades de groupe :

RÉSEAUX ÉLECTRIQUES

A tous mes amis que j'ai connus dans ma vie

REMERCIEMENTS

Avant tout, Je remercie الله le Tout-puissant de m'avoir donné la santé, le courage, la volonté et la patience qu'il m'a donnée durant ces longues années d'études afin que je puisse arriver à ce stade, et de me mener à terme ce présent travail dans des meilleures conditions.

On premier lieu, Je tiens à remercier mon encadreur Mr Boubekeur bouhadouza.

Je lui exprime toute ma profonde gratitude pour son expérience, son soutien inconditionnel et ses qualités humaines, son encadrement et ses précieux conseils durant toute cette période qui m'a offert la possibilité de réaliser ce travail, et qui m'a permis d'élargir mon spectre de connaissances scientifiques.

Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury pour leurs participations et leurs évaluations de mon travail.

J'adresse aussi mes remerciements à l'ensemble d'enseignants du département d'électrotechniques, et particulièrement

Ceux qui ont participé à ma formation.

Finalement, je remercie l'ensemble de mes amis et collègues d'études pour leurs soutiens et encouragements tout au long de mon cursus.

Merci à tous et à toute

RESUME

RESUME

Dans ce travail on traité l'analyse de l'intégration des énergies renouvelables dans le réseau électrique, notamment de l'éolien, et le rôle d'intégration de la pile à combustible dans la satisfaction des besoins du réseau électriques, et nous étudierons l'effet de ce dernière sur la stabilité du réseau électrique.

Et on a Créé ensuite un défaut dans le réseau propose et finalement d'extraire les résultats du fonctionnement du système global.

L'étude se fera par regroupement des jeux de barres. 14 Le réseau IEEE fonctionne avec cette inclusion dans l'analyse dynamique. Cette étude a été appliquée au réseau de test.

Mots clés: stabilité de réseaux électrique, réseau test IEEE14JB, l'énergie éolienne, MATLAB, PSAT.

ملخص

في هذا العمل نتعامل مع تحليل تكامل الطاقات المتجددة في شبكة الكهرباء ، ولا سيما طاقة الرياح ، ودور تكامل خلايا الوقود في تلبية احتياجات شبكة الكهرباء ، وسندرس تأثير هذه الأخيرة على استقرار شبكة الكهرباء.

ثم نقوم بإنشاء خطأ في الشبكة المقترحة وأخيراً نستخرج نتائج تشغيل النظام ككل.

سيتم إجراء الدراسة من خلال تجميع القضبان. 14 تعمل شبكة IEEE مع هذا الإدراج في التحليل الديناميكي. تم تطبيق هذه الدراسة على شبكة الاختبار.

الكلمات المفتاحية : استقرار شبكة الطاقة ، شبكة اختبار IEEE14JB ، طاقة الرياح ، MATLAB ، PSAT

Abstract

In this work we deal with the analysis of the integration of renewable energies in the electricity network, in particular wind power, and the role of the integration of the fuel cell in meeting the needs of the electricity network, and we study the impact of the latter on the stability of the electricity network.

Next, we generate an error in the proposed network and finally extract the results of the operation of the system as a whole.

The study will be done by assembling the bars. 14 The IEEE network works with this inclusion in dynamic analysis. This study was applied to the test network.

Keywords: power grid stability, IEEE14JB test grid, wind power, MATLAB, PSAT.

SOMMIARE

Sommaire

Liste de figure.....	9
Liste de tableaux :	11
Introduction générale	1
CHAPITRE I:	3
CHAPITRE	Généralité sur le réseau électrique
I -1. Introduction.....	4
I -2 .Énergies renouvelables.....	4
I -2-1.Éoliennes	5
I-2-1–a. Le système éolien	6
I -2-1-C . Différenttyped'éoliennes [6].....	7
I -2-1-d. Puissance nominale de l'éolienne	7
I -2-2 .Energie solaire.....	9
I -2-2-1.Énergie solaire photovoltaïque	9
I -3. stockage d'énergie électrique	12
I -3-1. Le type de stockage d'énergie électrique.	12
I -3-2.Programme des énergies renouvelables en Algérie.....	13
I -4. Problèmes de stabilité des réseaux électriques	14
I -4-1.Classification de la stabilité	14
I -4-1-a. Stabilité statique (régime permanent)	15
I -4-1-b.Stabilité dynamique	15
I -4-1-c. La stabilité transitoire	16
I -5. Conclusion	16
CHAPITRE II	SIMULATION ET ANALYSE DES RÉSULTATS OBTENU
II-1.INTRODUCTION.....	18
II-2.Outils de simulation	18
II -3 .Qu'est ce qu'est le PSAT.....	18
II -3-1.Pourquoi le choix de PSAT :	19
II-4. Critère de stabilité.....	19
II -5. simulation et interprétation des résultats.	20
II -6.Simulation et discussion des résultats obtenus	22

SOMMIARE

II -7. Conclusion :.....	36
--------------------------	----

Abréviations

PAC : La pile à combustible.

PPM : Point de puissance maximale.

PV : Solaire photovoltaïque.

CCT: Critical Clearing Time (temps critique d'élimination du défaut).

MW: Méga Watt.

kV : Kilo volte .

MWh: Méga Watt heure .

V : Volte .

m : Mètres.

sec : Seconde.

rad : Radian.

HZ : Hertz.

JB : Jeu De Barre .

IEEE : Institut des Ingénieurs en Électricité et en Électronique.

Abréviations

MATLAB : Matrice-Laboratoire.

PSAT : Power System Analysis Toolbox.

Pu : Système de valeur relative (Per unit).

Variables :

Cp: est un coefficient de puissance.

ρ : la densité d'air.

S : est la surface balayée par le vent.

V: la vitesse du vent.

δ_i : L'angle rotorique ou différentiel de la machine i . (deg).

ω_i : La vitesse angulaire de la machine i . (rad / s).

LISTE DES FIGURE

Liste de figure

Figure I - 1:d'éolienne avec multiplicateur.....	5
Figure I - 2:Schéma de principe des éolienne à étage continu, connectée au réseau	5
Figure I -3:principaux organes du système de conversion éolien	6
Figure I -4:Différentes parties de l'éolienne-NORDEXN60-1.3MW.....	6
Figure I - 5:Technologies d'éoliennes	7
Figure I - 6:Coefficient de puissance des différentes configurations d'éoliennes	8
Figure I - 7: Système Photovoltaïque	9
Figure I -8: Génération de la paire électron-trou	10
Figure I -9: La jonction PN.....	10
Figure I - 10: Structure d'une cellule photovoltaïque	11
Figure I -11: Consistance du programme de développement des énergies renouvelables	14
Figure I -12: Classification de la stabilité.....	15
Figure II-1: Interface graphique du PSAT.....	19
Figure II-2 : Représentation du système étudié.....	21
Figure II-3 : l'allure des tensions de jeux de barre de génération.....	23
Figure II-4 : les vitesses rotorique des générateurs	23
Figure II-5 : angle relative des générateurs	23
Figure II-6: emplacement de perturbation dans le système	24
Figure II-7: l'allure des tension.....	24
Figure II-8: les vitesses de 3 générateurs.....	24
Figure II-9: les angles rotorque de 2 générateurs.....	25
Figure II-10: l'allure des tension des jeux de barre de générateur	25
Figure II-11: les vitesses de 3 générateurs.....	25
Figure II-12: les angles rotorque de 2 générateurs.....	26
Figure II-13: emplacement de contingence	27
Figure II-14: l'allure des tension.....	28
Figure II-15: les angles rotorque de 2 générateurs.....	28
Figure II-16: les vitesses de 3 générateurs.....	28
Figure II-17: l'allure des tension.....	29
Figure II-18: les angles rotorque de 2 générateurs.....	29

LISTE DESFIGURE

Figure II-19:les vitesses de 3 générateurs.....	30
Figure II-20:Représentation du système étudié avec une source d'énergie éolienne.....	32
Figure II-21:l'allure des tension.....	33
Figure II-22: les vitesses de 3 générateurs.....	33
Figure II-23:les angles rotorque de 2 générateurs.....	33
Figure II-24: l'intensité des éoliennes.....	34
Figure II-25: Caractéristique de la pile à combustible[PAC].	34
Figure II-26:l'allure des tension.....	35
Figure II-27: les vitesses de 3 générateurs.....	35
Figure II-28:les angles rotorque de 2 générateurs.....	36
Figure II-29:Représentation du système étudié avec une source d'énergie éolienne.....	36
Figure II-30:l'allure des tension.....	37
Figure II-31: les vitesses de 3 générateurs.....	37
Figure II-32:les angles rotorque de 2 générateurs.....	38

LISTE DES TABLEAUX

Liste de tableaux :

Tableau I-1 :classification des turbines	7
Tableau II-1 :caractéristiques de modèle d'étude (réseau dynamique IEEE 14 JB)	20
Tableau II-2 :écoulement de puissance de système étudié	21
Tableau II-3 :On régler cette source éolienne comme suit	29
Tableau II-4 :es paramètres de la batterie de stockage.....	30

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

Les réseaux électriques sont aujourd'hui soumis à de nombreuses contraintes énergétiques et le scénario des systèmes énergétiques est très complexe et intimement lié, et il est nécessaire d'améliorer l'utilisation de l'énergie électrique tout en maintenant la fiabilité et la sécurité.

L'étude du flux d'énergie et de la stabilité dans le langage du système électrique est la solution à l'état des réseaux en équilibre, habituellement, il n'y a pas de centrale électrique près du centre de chargement, mais il se peut que ce soit loin du centre de production.

En raison de circonstances différentes. Pour répondre à la demande croissante en énergie, nous devons introduire des ressources renouvelables pour produire de l'énergie.

Dans ces dernières années, le monde a connu un développement des énergies renouvelables plus particulièrement l'énergie éolienne et l'énergie solaire.

Les recherches scientifiques élaborées pour exploiter ces énergies ont connu une révolution sur le plan énergétique dans le monde entier. La production d'une énergie propre présente plusieurs avantages comme la propreté de l'environnement, l'augmentation de la durée de vie des réserves fossiles en minimisant la pollution atmosphérique causée par le dégagement des gaz toxiques à partir des centrales classiques. D'autre part, ces énergies renouvelables présentent des inconvénients en ce qui concerne leur intégration.

Le pourcentage d'intégration dans le réseau de cette énergie est limité pour préserver la stabilité du système énergétique et le prix de [KWh] reste relativement élevé.

Pour étudier les effets de l'intégration des énergies renouvelables dans le réseau sur la stabilité et la qualité de l'énergie électrique du système énergétique, nous proposons dans ce mémoire.

L'analyse des performances des réseaux électriques en présence des sources à énergies renouvelables et de stockage d'énergie électrique

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Dans ce travail nous allons essayer d'aborder le problème de l'influence du courant décroissant-circuit sur la stabilité du réseau électrique.

Et pour faire face à ce phénomène, notre étude s'articule autour de l'évaluation de la stabilité du réseau test IEEE 14 jeux de barres dans le cas d'un défaut symétrique.

Présentation du mémoire :

Dans le premier chapitre, nous avons présenté des concepts généraux sur les réseaux électriques, en plus des concepts sur les différentes sources qui composent le système. Composé d'énergie éolienne et d'une pile à combustible de stockage.

Le deuxième chapitre sera consacré au concept de stabilité des systèmes électriques, à la simulation d'une défaillance triphasée dans le réseau test IEEE 14 jeux de barre, et à l'effet de l'énergie éolienne et de la pile à combustible sur la stabilité du réseau électrique.

Nous étudierons le comportement des réseaux face à un défaut symétrique, l'utilisation du logiciel PSAT sous MATLAB et la simulation sur ce logiciel nous ont permis d'en déduire des analyses et des interprétations détaillées des résultats qui mettent en évidence l'importance de ce travail.

Enfin, nous terminerons notre mémoire par une conclusion générale qui présente les perspectives.

CHAPITRE I:

Généralité sur le réseau électrique

Généralité sur le réseau électrique

I -1. Introduction

Le système électrique classique à besoin des éléments actifs pour la commandes et la surveillance durant sa fonctionnement dynamique, ainsi l'insertion d'autres sources renouvelables est nécessaire pour réduire le taux de production des centrales de base et minimiser aussi les pertes.

Dans ce chapitre, nous définirons les énergies renouvelables, les problèmes de stabilité du système énergétique et les problèmes qui surviennent au niveau du réseau électrique, et nous présenterons les différentes catégories de stabilité. Nous mentionnons également certaines méthodes de production d'énergies renouvelables, les mécanismes pour les contrôler, les étapes les plus importantes que traversent chaque type d'énergie et la possibilité de stocker de l'énergie électrique.

I -2 .Énergies renouvelables.

Le terme «énergie» est défini comme la capacité de produire du travail. L'énergie est un mot composé évidentes mots grecs: en + ergone, qui signifie travailler à l'intérieur d'un corps. La définition technique normale est que l'énergie est la capacité ou la capacité de travailler [1].

Une définition plus scientifique de l'énergie a été donnée par le célèbre Physicien Max Planck: La capacité d'un système à produire une activité extérieure».

Une alternative à l'énergie nucléaire et fossile est l'énergie renouvelable technologies (hydraulique, éolienne, solaire, biomasse, géothermique et océanique). Les projets hydroélectriques à grande échelle sont devenus de plus en plus difficiles à réaliser ces dernières années en raison de l'utilisation concurrente des terres et de l'eau.

Exigences de renouvellement de licence de l'hydroélectricité existante les plantes peuvent même conduire à la suppression de certains barrages pour protéger ou restaurer les habitats fauniques.

Parmi les autres sources d'énergie renouvelables, l'éolien et le solaire ont récemment connu une croissance rapide dans le monde. Ayant une large diffusion géographique, ils peuvent être

générés à proximité des centres de charge, éliminant ainsi simultanément le besoin de haute tension lignes de transmission traversant les paysages ruraux et urbains.

I -2-1.Éoliennes

L'énergie éolienne est essentiellement dérivée de l'énergie solaire via un système thermodynamique processus. La lumière du soleil réchauffe le sol, ce qui fait monter l'air au-dessus. La pression qui s'ensuit différentiel fait entrer l'air venant d'ailleurs, ce qui entraîne un mouvement d'air (vent).[2]

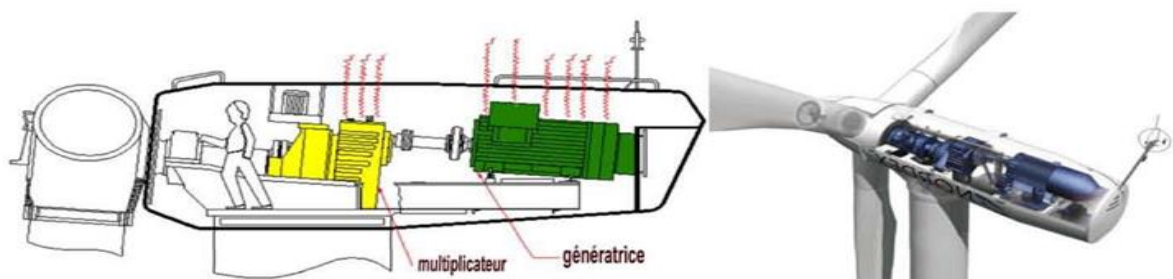


Figure I -1:d'éolienne avec multiplicateur.[3]

L'énergie du vent, a progressé, offshore et on shore, avec une technologie en amélioration régulière. Les plus hautes éoliennes atteignent 170 [mètres], avec des rotors d'un diamètre de plus de 150 [mètres].

Un aérogénérateur, plus communément appelé éolienne, est un dispositif qui transforme une partie de l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique disponible sur un arbre de transmission puis en énergie électrique par l'intermédiaire d'une génératrice.

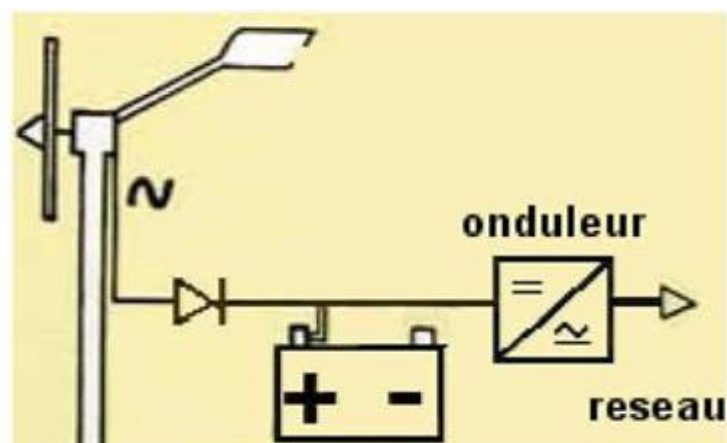


Figure I - 2:Schéma de principe des éolienne à étage continu, connectée au réseau.[3]

I-2-1-a. Le système éolien

Est constitué d'un générateur électrique, entraîné par une turbine à travers le multiplicateur, d'un système de commande, d'un convertisseur statique, d'un transformateur et enfin d'un réseau électrique. comme représenté dans la figure suivante.[4]

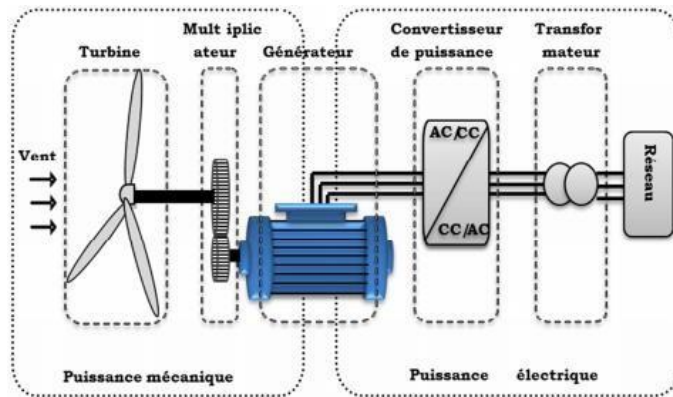


Figure I -3:principaux organes du système de conversion éolien.[4]

I -2-1-b .Descriptif d'une éolienne

L'éolienne est composée de deux parties : une partie mobile (le rotor) et une partie fixée (le stator), permettant de créer un champ magnétique et de générer un courant électrique.

L'éolienne est équipée d'une

girouette permettant l'orientation des pales en fonction de la direction du vent. Une éolienne "classique" est généralement constituée de [5]

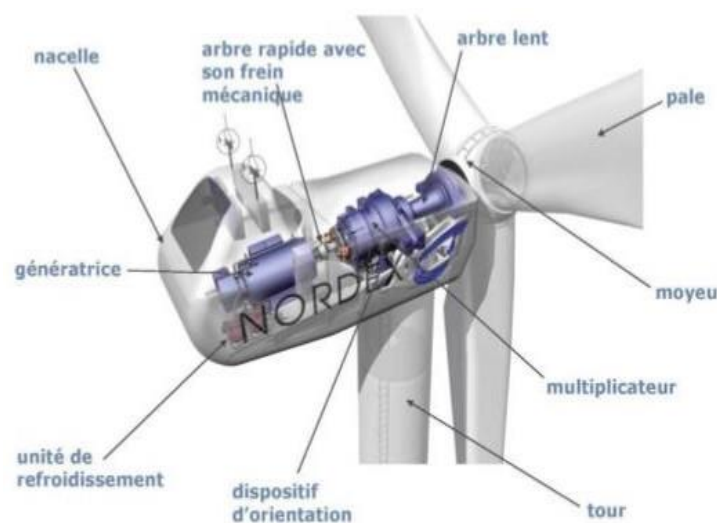


Figure I - 4:Différentes parties de l'éolienne-NORDEX N60-1.3MW [5]

I -2-1-C . Différent type d'éoliennes [6]

- Les éoliennes à axe horizontal
- Les éoliennes domestiques
- Les éoliennes à axes verticaux
- Les hydroliennes
- Éolienne de pompage

Tableau I-1:classification des turbines

Echelle	Diameter de l'hélice	Puissance délivrée
Petite	Mois de 12m	Mois de 40KW
Moyenne	12m à 45m	De 40KW à 1MW
Grand	46m à plus	1MW et plus

Il existe deux principaux types d'éoliennes qui se différencient essentiellement dans leur organe capteur d'énergie à savoir l'aéro-turbine. En effet, selon la disposition de la turbine par rapport au sol on obtient une éolienne à axe vertical ou à axe horizontal. [7]

Les turbines éoliennes à axe horizontal et les turbines éoliennes à axe vertical



Figure I -5:Technologies d'éoliennes.[7]

I -2-1-d. Puissance nominale de l'éolienne

Les systèmes de conversion d'énergie éolienne transforment l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique sur la turbine éolienne puis en énergie électrique via un aérogénérateur

L'énergie dE d'une colonne d'air de longueur dl , de section S , de masse volumique ρ animée d'une vitesse V

Peut s'écrire: $P = \frac{1}{2} C_p \rho S V^3$

Ou

C_p : est un coefficient de puissance.

ρ : la densité d'air.

S : est la surface balayée par le vent.

V : la vitesse du vent.

La puissance éolienne est proportionnelle à:

- La zone d'éolienne balayée par le vent.
- Le cube de la vitesse du vent.
- La densité de l'air-qui varie avec l'altitude.

Le coefficient de puissance. C_p est une grandeur variable en fonction de λ , la valeur maximale théorique possible du coefficient de puissance, appelée limite de Betz, est de

$$\frac{16}{27} = 0.5926.$$

La loi de Betz stipule qu'une éolienne ne peut jamais convertir en énergie mécanique plus de 16/27 (ou 59%) de l'énergie cinétique contenue dans le vent. [8]

Le coefficient de puissance est différent pour chaque type de turbine comme indiqué sur la figure suivante

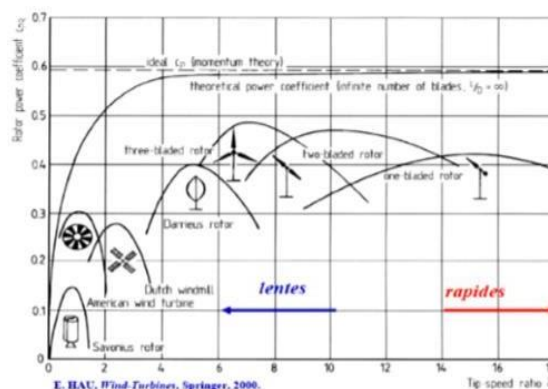


Figure I -6: Coefficient de puissance des différentes configurations d'éoliennes. [9]

I -2-2 .Énergie solaire

L'énergie solaire est la fraction de l'énergie électromagnétique provenant du Soleil, traversant l'atmosphère qui en absorbe une partie, et parvenant à la surface de la Terre.

Sur Terre, l'énergie solaire est à l'origine du cycle de l'eau, du vent et de la photosynthèse réalisée par le règne végétal, dont dépend le règne animal via les chaînes alimentaires. Le Soleil est à l'origine de la plupart des énergies sur Terre, à l'exception de l'énergie nucléaire et de la géothermie profonde [10]

I -2-2-1.Énergie solaire photovoltaïque

L'énergie solaire photovoltaïque désigne l'électricité produite par transformation d'une partie du rayonnement solaire en utilisant une cellule photovoltaïque. Donc cette énergie provient de la conversion directe de l'énergie provenant de photons, compris dans le rayonnement lumineux (solaire ou autre) en énergie électrique. L'association de plusieurs cellules PV en série/parallèle donne lieu à un générateur photovoltaïque qui a une caractéristique statique courant-tension $I(V)$ non linéaire et présentant un point de puissance maximale (PPM).

Les systèmes photovoltaïques sont utilisés depuis de dizaines d'années. Les applications ont commencé avec le programme spatial pour la transmission radio des satellites.[1]

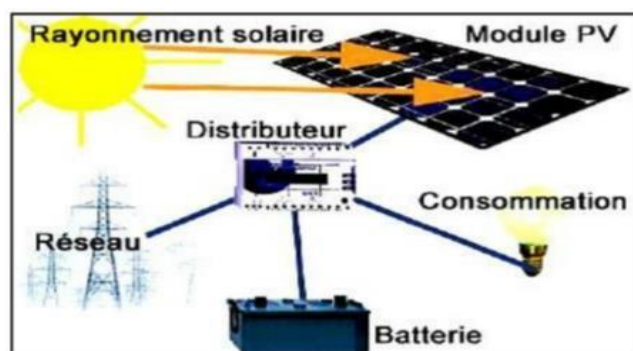


Figure I - 7: Système Photovoltaïque.[1]

I -2-2-1-a .Cellule photovoltaïque

Le silicium, comme tous les semi-conducteurs, a une bande de valence pleine et une bande de conduction vide. Mais grâce à un apport énergétique suffisant, il est possible de faire

passer des électrons de la bande de valence (BV) à la bande de conduction (BC), d'où la génération d'électrons libres, figure (1.8).[11]

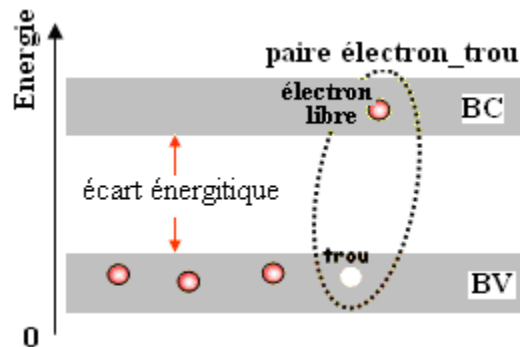


Figure I - 8:Génération de la paire électron-trou.

La présence d'électrons libres dans la bande de conduction d'un matériau n'est pas suffisante pour générer un courant : il est nécessaire de créer une différence de potentiel aux bornes du photo- générateur afin d'entraîner les charges positives d'un côté et les charges négatives de l'autre. Cette opération est possible par dopage du Silicium. Une jonction PN est créée par l'assemblage de deux barreaux de Silicium de type N et P. Le composant ainsi créé est appelé diode.

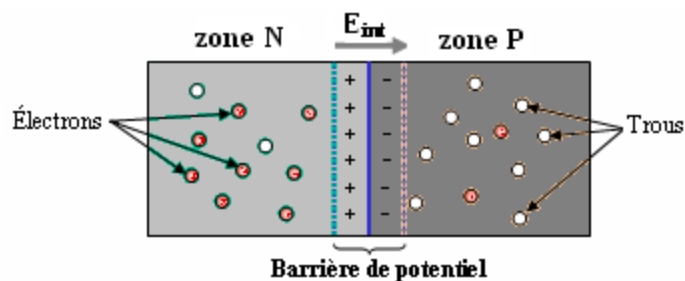


Figure I - 9:La jonction PN.

I -2-2-1-b. Fonctionnement d'une cellule photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque est un dispositif semi-conducteur généralement à base silicium. Elle est réalisée à partir de deux couches, une dopée P et l'autre dopée N créant ainsi une jonction PN avec une barrière de potentiel. Lorsque les photons sont absorbés par le semi-conducteur, ils transmettent leur énergie aux atomes de la jonction PN de telle sorte que les électrons de ces atomes se libèrent et créent des électrons (charges N) et des trous (charges P). Ceci crée alors une différence de potentiel entre les deux couches. Cette différence de potentiel est mesurable entre les connexions des bornes positives et négatives de la cellule [11].

La structure d'une cellule photovoltaïque est illustrée dans la figure (1-10) ci-dessous

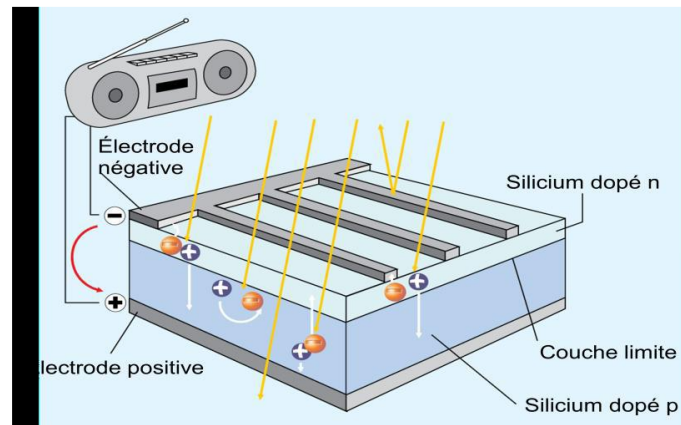


Figure I - 10: Structure d'une cellule photovoltaïque. [11]

I -2-2-1-c .Modules photovoltaïque

Dans les conditions d'ensoleillement standard (1000 W/m² ; 25°C ; AM 1,5), la puissance maximale délivrée par une cellule silicium de 150 [cm²] est d'environ 2,3 [Wc] sous une tension de 0,5 [V]. Une cellule photovoltaïque élémentaire constitue donc un générateur photovoltaïque de faible puissance insuffisante en tant que telle pour la plus part des applications domestiques ou industrielles. Les générateurs photovoltaïques sont, de ce fait réalisés par association, en série et /ou en parallèle, d'un grand nombre de cellules élémentaires.[12]

I -2-2-1-c-1.Mise en série

Une association de (N_s) cellule en série permet d'augmenter la tension du générateur photovoltaïque. Les cellules sont alors traversées par le même courant et la caractéristique résultant du groupement série est obtenues par addition des tensions élémentaires de chaque cellule. L'équation résume les caractéristique électrique d'une association série de (N_s) cellules.[12]

$$V_{co} \times N_s = N_s \times V_{co}$$

$$I_{cc} \times N_s = I_{cc}$$

$V_{co} N_s$: la somme des tensions en circuit ouvert de N_s cellules en série.

$I_{cc} N_s$: courant de court-circuit de N_s cellules en série.

I -2-2-1-c-2.Mise en parallèle

Une association parallèle de (N_p) cellule voir figure (2.6) est possible et permet d'accroître le courant de sortie du générateur ainsi créé. Dans un groupement de cellules identiques connectées en parallèle, les cellules sont soumises à la même tension et la caractéristique résultante du groupement est obtenue par addition des courants.[12]

Avec : $I_{CC}(N_p) = I_{CC} \times (N_p)$

$V_{co} = V_{co}(N_p)$

$I_{CC}N_p$: la somme des courants de court circuit de (N_p) cellule en parallèle.

$V_{co}N_p$: tension du circuit ouvert de (N_p) cellules en parallèle.

I -3. Stockage d'énergie électrique.

Le stockage d'énergie constitue un levier technique inévitable pour l'intégrer aux moyens de production intermittents renouvelables pour limiter le dégagement du CO₂.

Il représente également une opportunité économique et d'assurance de l'alimentation des consommateurs. Le parc de batterie utilisé pour ce site couvre l'alimentation du site pendant la coupe de vent et pendant les perturbations climatologiques. La taille du champ de stockage prévue ainsi que la variation du cycle de charge et de décharge sont indiqués [13]

I -3-1. Le type de stockage d'énergie électrique.

Il existe 5 vecteurs principaux pour le stockage d'énergie :[6]

- Electrochimique (Batteries) ;
- Thermique (Ballons d'eau chaude, inertie du bâtiment) ;
- Cinétique (Volant moteur) ;
- Gravitaire, potentielle (Station de pompage turbinage) ;
- Chimique (électrolyse > hydrogène).

En fonction de la nature de l'énergie restituée par le système de stockage, on parlera plutôt tantôt de :

- « Power to power » : La production électrique est convertie en énergie intermédiaire puis restituée sous forme d'électricité.
- « Power to fuel » : La production électrique est convertie en combustible.

I -3-2.Programme des énergies renouvelables en Algérie.

A travers ce programme d'énergies renouvelables, l'Algérie compte se positionner comme un acteur majeur dans la production de l'électricité à partir des filières photovoltaïque et éolienne en intégrant la biomasse, la cogénération, la géothermie et au-delà de 2021, le solaire thermique. Ces filières énergétiques seront les moteurs d'un développement économique durable à même d'impulser un nouveau modèle de croissance économique.[6]

37 % de la capacité installée d'ici 2030 et 27 % de la production d'électricité destinée à la consommation nationale, seront d'origine renouvelable.

Le potentiel national en énergies renouvelables étant fortement dominé par le solaire ,l'Algérie considère cette énergie comme une opportunité et un levier de développement économique et social, notamment à travers l'implantation d'industries créatrices de richesse et d'emplois.

Cela n'exclut pas pour autant le lancement de nombreux projets de réalisation de fermes éoliennes et la mise en œuvre de projets expérimentaux en biomasse, en géothermie et en cogénération.

Les projets EnR de production de l'électricité dédiés au marché national seront menés en deux étapes:

Première phase 2015 - 2020 : Cette phase verra la réalisation d'une puissance de 4010 MW, entre photovoltaïque et éolien, ainsi que 515 [MW], entre biomasse, cogénération et géothermie.

Deuxième phase 2021 - 2030 : Le développement de l'interconnexion électrique entre le Nord et le Sahara (Adrar), permettra l'installation de grandes centrales d'énergies renouvelables dans les régions d'In Salah, Adrar, Timimoune et Bechar et leur intégration dans le système énergétique national. A cette échéance, le solaire thermique pourrait être économiquement viable.[14]

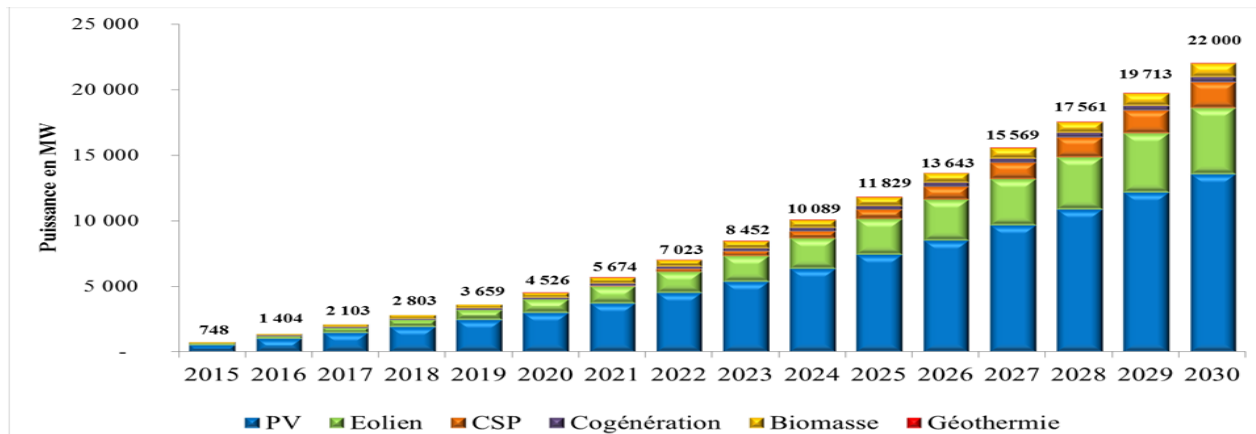


Figure I - 11: Consistance du programme de développement des énergies renouvelables.

I -4. Problèmes de stabilité des réseaux électriques

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.

D'une manière générale, la stabilité d'un système d'énergie électrique peut être définie par la propriété d'un système d'énergie électrique qui lui permet de rester dans un état d'équilibre stable sous des conditions de fonctionnement normales et de retrouver un état d'équilibre acceptable après être exposé à une perturbation. Parmi tous les problèmes d'un réseau électrique, la stabilité est le problème le plus compliqué à comprendre et à traiter. [1]

I -4-1. Classification de la stabilité

La stabilité peut être étudiée en considérant la topologie du réseau sous différents angles. L'état de fonctionnement d'un réseau électrique est décrit selon des grandeurs physiques, telles que l'amplitude et l'angle de phase de la tension à chaque jeu de barre, et la puissance active/réactive circulant dans chaque ligne et la vitesse de rotation de la génératrice synchrone. Si elles ne sont pas constantes, le réseau électrique est considéré comme étant en perturbations.

La stabilité peut être classifiée selon la nature de la perturbation : stabilité de l'angle du rotor, stabilité de la tension et stabilité de la fréquence. La stabilité peut être classifiée en petite et grande amplitude de perturbation en fonction d'origine et de l'ampleur du défaut. Par rapport

au temps d'évaluation, la stabilité peut être à court ou à long durée. tel qu'il est décrit dans la Figure suivante :[15]

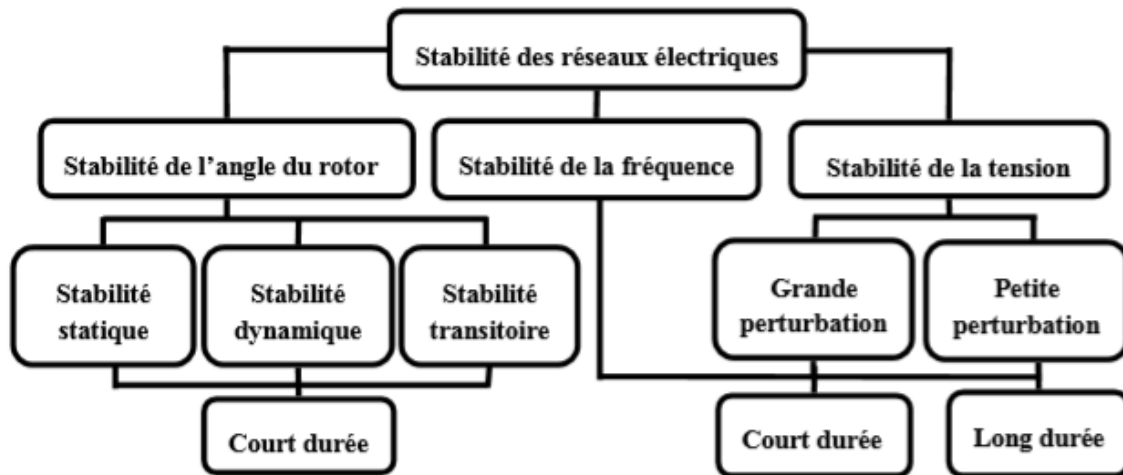


Figure I -12:Classification de la stabilité.[15]

On définit trois types de stabilité:

- 1- la stabilité statique ou stabilité en régime permanent.
- 2- la stabilité dynamique.
- 3- la stabilité transitoire.

I -4-1-a. Stabilité statique (régime permanent) .

La stabilité statique concerne les faibles perturbations qui peuvent apparaître dans un système électrique à cause des variations du régime de la machine et de la consommation et son effet sur le fonctionnement normal est presque négligeable, donc le système reste stable statiquement. Pour ce type de stabilité on peut modéliser le système par des équations différentielles linéaires [16].

I -4-1-b. Stabilité dynamique.

L'étude de cette stabilité concerne toujours les petites perturbations au point de fonctionnement normal. Cette étude détermine l'intervention des éléments de régulation pour rendre le système à cet état normal. Le système en stabilité dynamique est décrit par des équations différentielles non linéaires, mais on peut les linéaires autour d'un point de fonctionnement [16]

I -4-1-c. La 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. Un système d'énergie électrique est en régime de stabilité transitoire si à la suite d'une perturbation très courte et de grande amplitude (tels que les courts-circuits, les déclenchements des lignes, les faux couplages, etc) le système retrouve son état initial ou un autre état stable. L'intervention des dispositifs de régulation et de protection est indispensable [17]

I -5. Conclusion

Dans ce premier chapitre, nous avons donné un aperçu des énergies renouvelables. Nous fournissons des informations générales sur la production d'énergie électrique à partir de l'exploitation de l'énergie éolienne, la définition de l'énergie éolienne ainsi que les différents types d'éoliennes. Nous avons également discuté de l'énergie solaire et du principe des panneaux photovoltaïques et de leurs types, en plus des systèmes de stockage d'énergie en présence de sources renouvelables comme les éoliennes.

Enfin, nous proposons des définitions et des caractéristiques des différents types de stabilité du système électrique.

CHAPITRE II

SIMULATION ET ANALYSE DES RÉSULTATS OBTENU

II-1.INTRODUCTION

comportement des réseaux électriques face au défaut symétrique(court-circuit triphasé Les réseaux électriques sont souvent soumis à des perturbations pouvant entraîner de sérieux dégâts sur leurs composants et leur continuité de service. Ces perturbations peuvent être externes comme (les coups de foudre) ou internes comme (les défauts de court-circuit, les variations brusques de charge, etc.). Elles affectent les conditions de fonctionnement normal du réseau et conduisent souvent à la perte de la stabilité de tout le système.

L'équilibre production consommation de l'énergie électrique, et par conséquent, la continuité de service ne sont alors plus assurés.

Dans le présent chapitre, nous étudions le),avec intégrations de l'énergie éolienne ,et étudions son comportement, et la réflexion du stockage batterie sur le réseau électrique. Les simulations numériques, les résultats de calculs ainsi que les représentations graphique sont été obtenus par le logiciel MATLAB(PSAT).

II-2.Outils de simulation

Plusieurs outils de simulation ont été utilisés pour l'analyse de la stabilité transitoire telsque (Matlab, EMTP, Etap, Power World, PSAT, NEPLAN etc).Ces logiciels permettent de nous renseigner sur les différents facteurs d'un réseau électrique et à simuler les différents cas pour avoir les paramètres du réseau. Ces derniers utilisent les mêmes concepts. Dans le présent travail, on a choisi PSAT comme outil de simulation. [18]

II -3 .Qu'est ce qu'est le PSAT

PSAT (Power System Analysis Toolbox) est un logiciel destiné à l'analyse et l'étude des réseaux électriques. Il est développé sous MATLAB par Mr. Federico Milano. PSAT est une boîte à outils qui est dédiée pour l'analyse statique, l'analyse dynamique et le contrôle des réseaux électriques. Le logiciel PSAT a des interfaces graphiques pour le système et les paramètres de réglage de routine, il inclut l'écoulement de puissance basé sur la méthode de NEWTON RAPHSON [19].

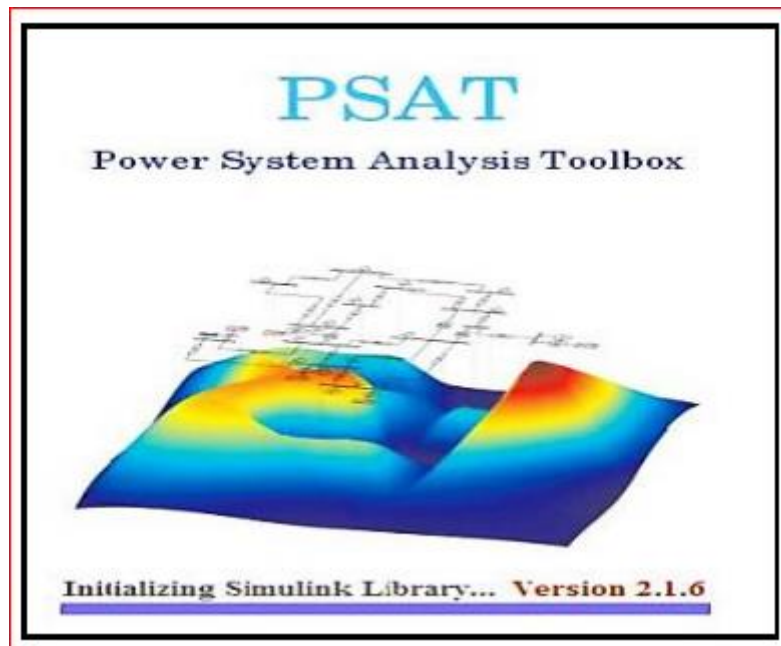


Figure II-1:Interface graphique du PSAT.

II –3-1.Pourquoi le choix de PSAT :

Le choix du PSAT est justifié par :

- On peut lire n'importe quelle base de donnée.
- PSAT reste un outil performant et très prisé.
- On peut ouvrir un réseau soit on peut faire un autre réseau.
- C'est un logiciel gratuit et open Access.
- La richesse de sa bibliothèque simulink pour réaliser des réseaux test.

II-4. Critère de stabilité.

La stabilité transitoire du système est appréciée par l'évaluation des angles rotoriques relatifs au générateur de référence, durant et après le défaut et vérifie si le système évolue vers la région de la stabilité ou l'instabilité.

$$\delta_{i1} = \delta_i - \delta_1; i = 1, m$$

Si les angles rotoriques relatifs varient suivant une allure oscillatoire amortie autour d'un point d'équilibre, le système est considéré stable. Dans le cas contraire, le système est instable. Le temps limite à partir duquel le système devient instable est appelé : temps d'élimination de défaut (en anglais, Critical Clearing Time, CCT). Pour analyser la stabilité transitoire, nous avons considéré un défaut de court-circuit triphasé symétrique à proximité d'un jeu de barres du SEE étudié. Le défaut est éliminé par l'ouverture du disjoncteur le plus près et la mise hors service de la ligne endommagée.[1]

II –5. simulation et interprétation des résultats.

Le schéma unifilaire du réseau test IEEE 14 JB en régime dynamique est représenté par le logiciel PSAT sur la **Figure:II-2** .

Tableau II-1 caractéristiques de modèle d'étude (réseau dynamique IEEE 14 JB).

Nombre de jeu de barre	Nombre de ligne	Nombre de générateur	Nombre de transformateur	Nombre de charge
14	16	5	4	11

Nous appliquons un réseau de 14 jeux de barres comme signalé précédemment et après une exécution de simulation de durée de 20[sec], en absence de défaut, et des sources renouvelables les résultats obtenus sont montrés comme suit .

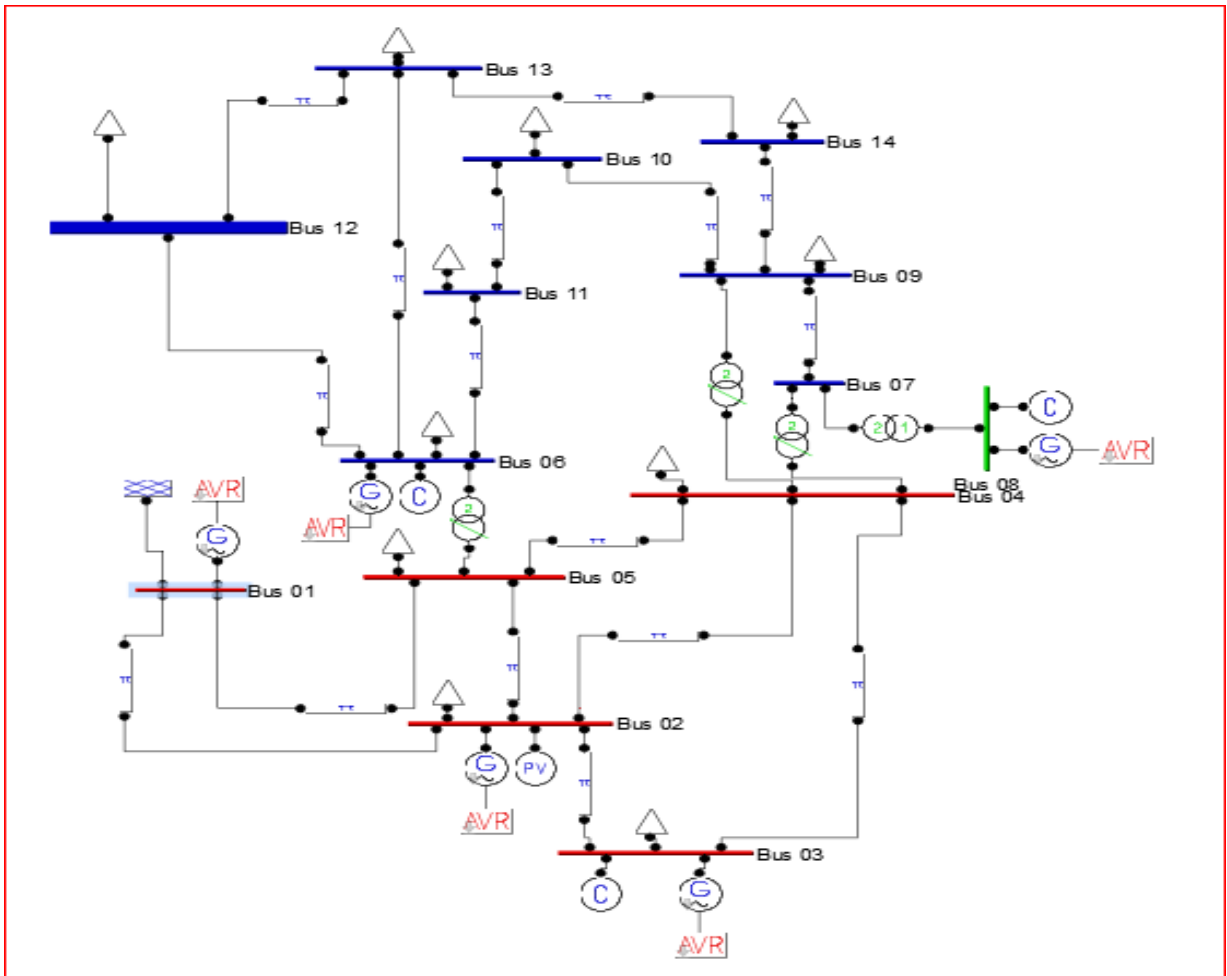


Figure II-2: Représentation du système étudié.

1^{er} scénarios : système sans défaut

Pour l'écoulement de puissance le tableau II- 2 représente les valeurs de tension et les angles relatifs et la puissance active et la puissance réactive.

Tableau II- 2 : écoulement de puissance de système étudié.

Bus	V _m [p.u.]	V _a [rad]	P [p.u.]	Q [p.u.]
[1]-Bus 01	1.06	0	3.5203	-0.28197
[2]-Bus 02	1.045	-0.13568	0.4	0.9486
[3]-Bus 03	1.01	-0.33212	0	0.59736
[4]-Bus 04	0.99782	-0.26441	0	0
[5]-Bus 05	1.0029	-0.22695	0	0
[6]-Bus 06	1.07	-0.36956	0	0.44433
[7]-Bus 07	1.036	-0.33938	0	0
[8]-Bus 08	1.09	-0.33938	0	0.33402
[9]-Bus 09	1.0129	-0.37908	0	0
[10]-Bus 10	1.0122	-0.38446	0	0
[11]-Bus 11	1.0357	-0.37984	0	0
[12]-Bus 12	1.0462	-0.39059	0	0
[13]-Bus 13	1.0366	-0.38147	0	0

Le tableau ci-dessus montre les résultats de l'écoulement de puissance d'un réseau 14 jeux de barre en absence de l'énergie de vent. Nous avons remarqué que la majorité des amplitudes détensions des jeux de barres sont dépassé 1 [pu]. Ainsi la génération de puissance réactive est importante en comparant avec celle consommée, cela donne une perte de 90.24 [MVAR], La puissance générée par le générateur de référence dans ce cas est 352.03[MW]comme puissance active.

- Bus : jeu de barre ,
- Vm : Tension de JB [p.u].
- Va : Le déphasage de la tension [rad],
- QG : La puissance réactive générée [p.u].
- PG : La puissance active générée [p.u].

II –6.Simulation et discussion des résultats obtenus

Après l'étude découlement de puissance nous avons simulé le système étudié pour une durée de 20 sec , les résultats obtenus sont montrés dans les figures ci-dessous .

La figure II3 montre l'amplitude des tensions des jeux de barre de générations qui stable durant cette simulation. La même chose pour la fréquence, et l'angle relatifs, qui sont aussi stable comme signaler dans les figures II4,5 respectivement. 7

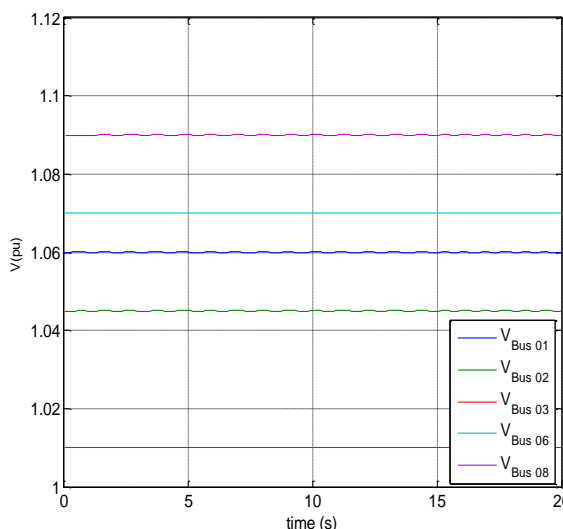


Figure II-3: l'allure des tensions de jeux de barre de génération.

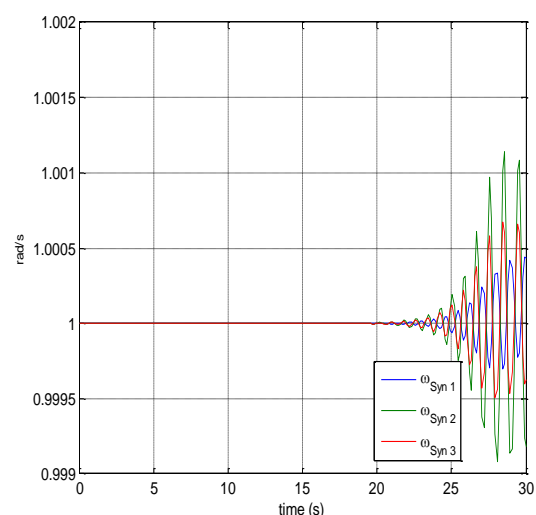


Figure II-4: les vitesses rotative des générateurs.

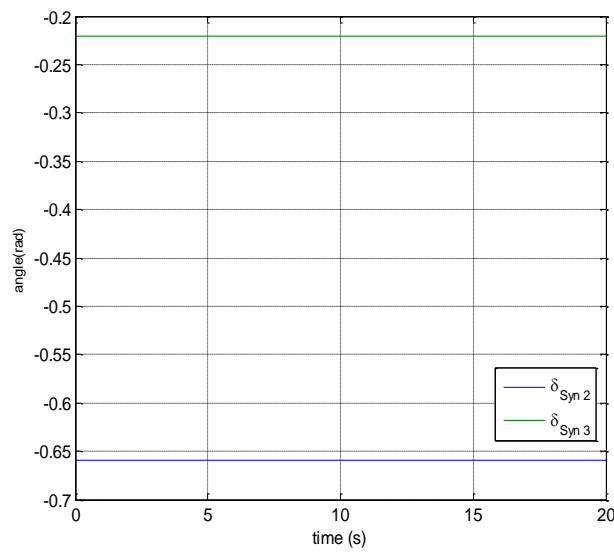


Figure II- 5:angle relative des générateurs.

2eme scénarios : application d'un défaut au jeu de barre 4

L'application de défaut triphasé au jeu de barre 2 apparu à l'instant 1.0 [sec], de durée de 0.083 [sec] qui va déconnecter la ligne 2-3 comme représenté dans la figure II-6

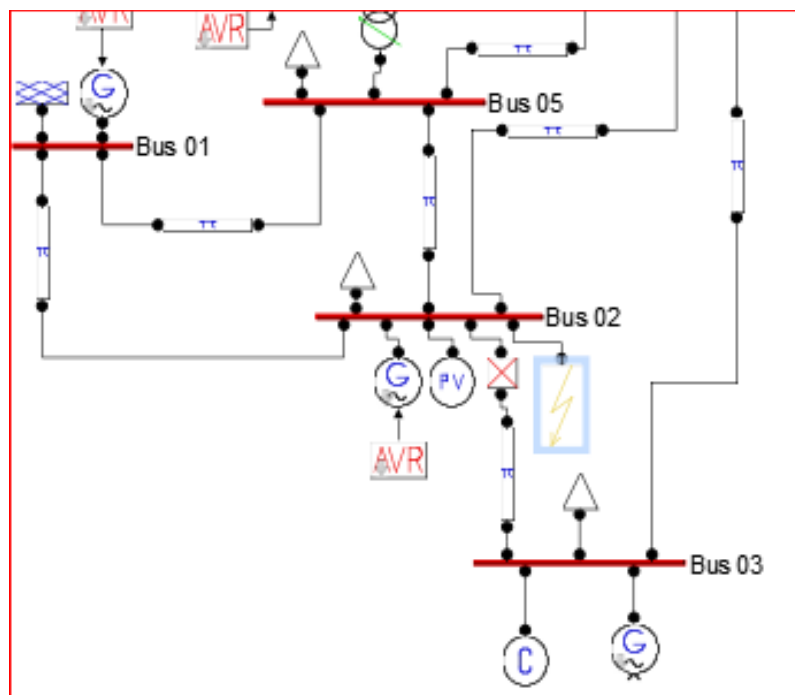


Figure II -6:emplacement de perturbation dans le système.

les résultats de simulation montrés dans la figure II-7 : Représente l'évolution de tension de tous les jeux de bar de génération puis se reviennent à son état de stabilité avec quelques oscillations une fois le défaut est éliminé par la déconnexion de la ligne 3-2 . la figure II-8 : représente l'évolution de la vitesse des machines de system proche de défaut, on remarque que y a une oscillation apparue durant le défaut qui atteint 1.0065[pu] pour le générateur 2 puisque il est proche de défaut puis se revient à une valeur de 1.011[pu] qui est dans les limites de stabilité.

La angle des générateurs présents dans la figure II-9 montrent une oscillation important des angles relatifs des générateurs apparue lors de défaut puis se stabilise à une autre valeur différente de l'état initial puisque la topologie de réseau se change.

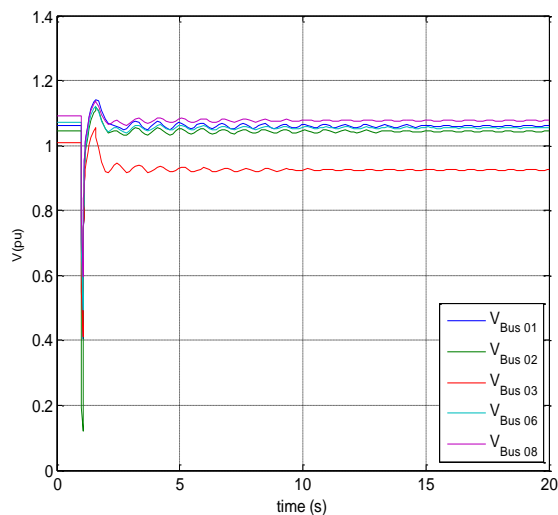


Figure II-7: l'allure des tensions.

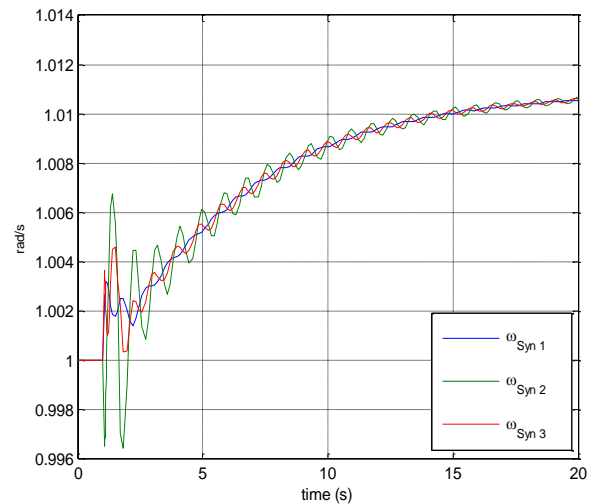


Figure II-8: les vitesses de 3 générateurs.

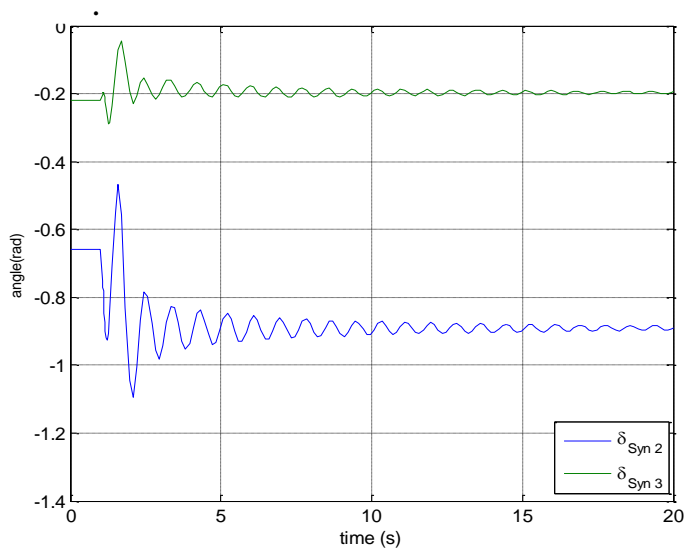


Figure II-9: les angles rotorique de 2 générateurs.

Pour voir l'état critique de l'instabilité de système nous avons appliqué un défaut de durée de 0,583 [sec] apparu à l'instant 1 [sec] et est éliminé à l'instant 1.583 [sec], les résultats obtenus sont montrés dans les figures suivantes

Les résultats de la simulation obtenus dans la Figure II-10 représentent l'évolution de la tension pour tous les générateurs, où l'on constate une chute de tension, et une fois le défaut est éliminé, par la déconnexion de la ligne 3-2.

Pour les figures II-11 et II.12 montre clairement l'instabilité de système.

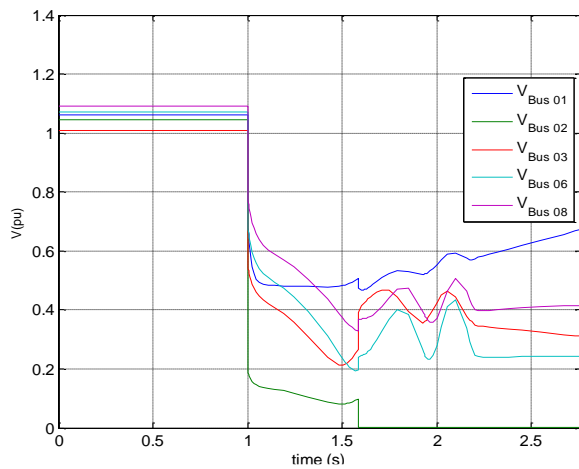


Figure II-10 : l'allure des tensions des jeux de barres de générateurs.

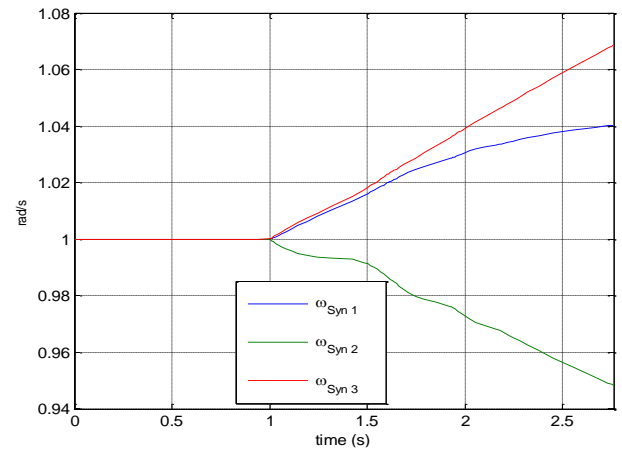


Figure II -11: les vitesses de 3 générateurs.

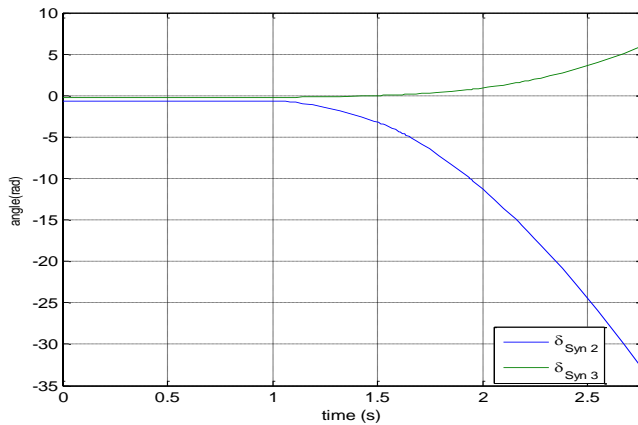


Figure II -12 : les angles rotoriques de 2 générateurs.

3ème scénario : Insertion de défaut au jeu de barre 1

L'application de défaut triphasé au jeu de barre 1 apparu à l'instant 1.0 [sec], de durée de 0.083 [sec] qui va déconnecter la ligne 1-5 comme représenté dans la figure II-13

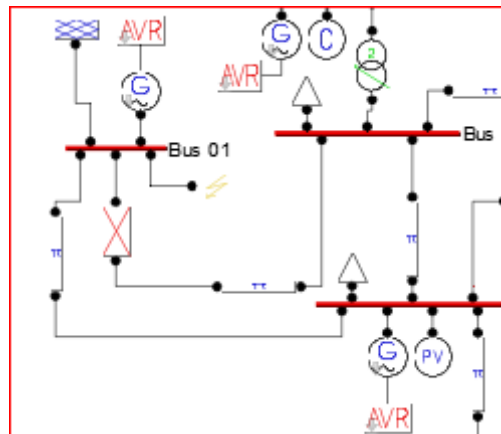


Figure II-13:emplacement de contingence.

les résultats de simulation de ce scénarios sont montrées dans les figures suivantes .

Pour les tensions de jeu de barres de génération proches de défaut, comme représenté par la figure II-14. On remarque que la perturbation est importante pour ceux qui est proche de défaut comme signaler pour la tension de jeu de barre en défaut V1.

Pour les angles rotoriques relatives des générateurs présentés dans la figure II-15 montre une perturbation au moment où le défaut est apparu puis se revient à une autre valeur de stabilité. La vitesse rotoriques des générateurs proche de défaut présenté dans le figure:II- 16 montre une variation d'amplitude de générateur 02 dès l'apparition de défaut car ce dernier est proche de défaut ainsi plus proche de la ligne déconnecté par rapport aux autres générateurs puis se stabilise après l'élimination de défaut.

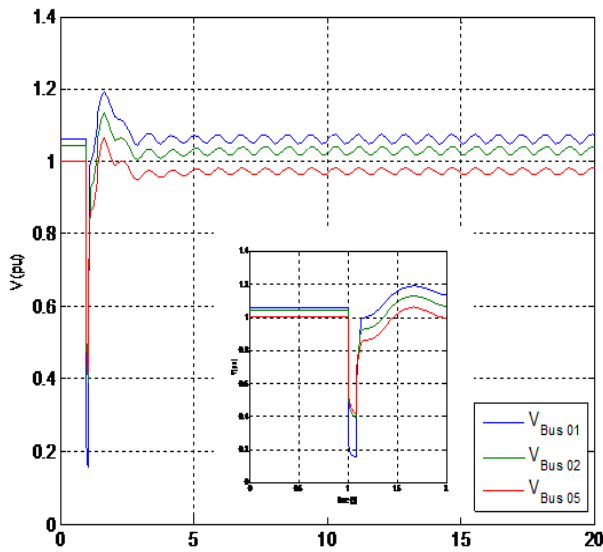


Figure II-14: l'allure des tensions.

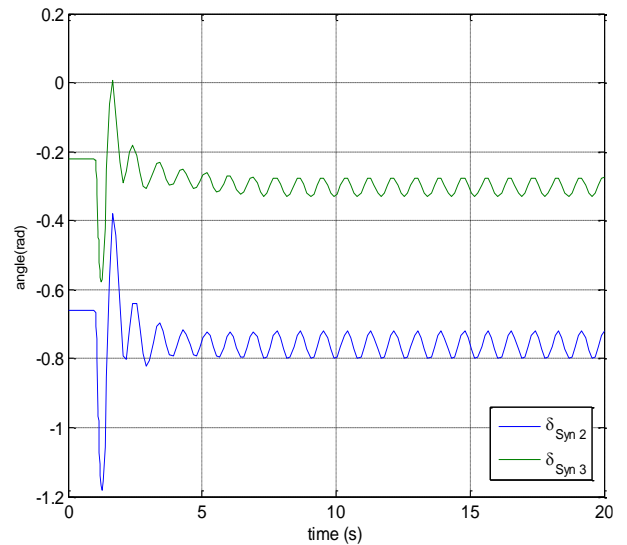


Figure II-15 : les angles rotorque de 2 générateurs.

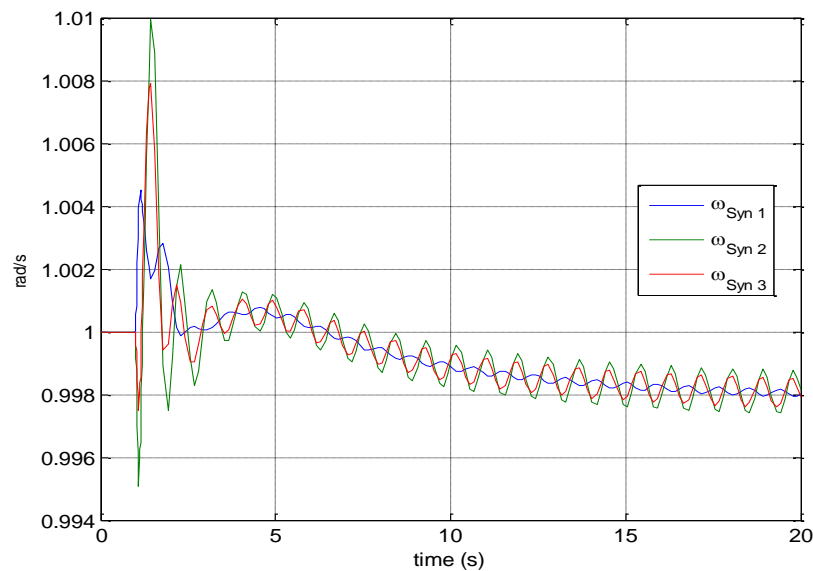


Figure II-16 : les vitesses de 3 générateurs.

Pour voir l'état critique de l'instabilité de système nous avons appliqué un défaut de durée de 0,583 [sec] apparu à l'instant 1 [sec] et est éliminé à l'instant 1,583 [sec], les résultats obtenus sont montrés dans les figures suivantes

figur II-17. En cas de défaut de jeu de barre 01 et d'augmentation de la durée de défaut, on constate une diminution significative de l'intensité de la tension au jeu de barre en défaut vers une valeur nulle dès l'apparition de défaut. Pour les figures II-18 et II.19 montre clairement l'instabilité de système.

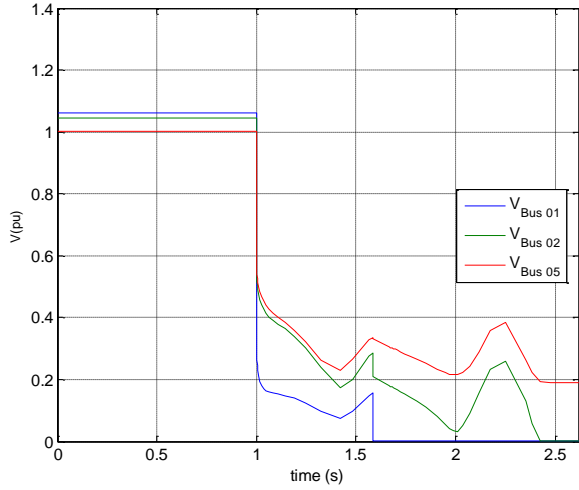


Figure II-17 :l'allure des tensions.

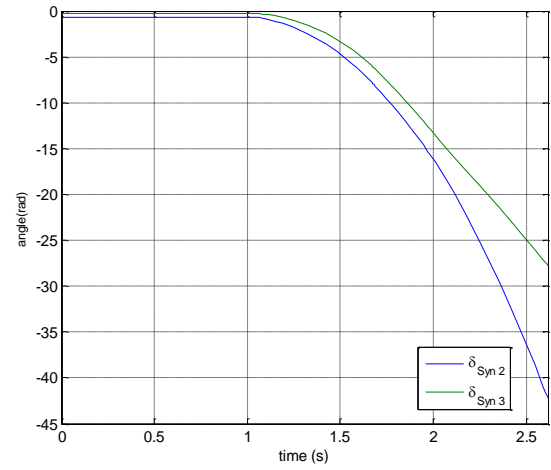


Figure II-18 :les angles rotorique de 2 générateurs.

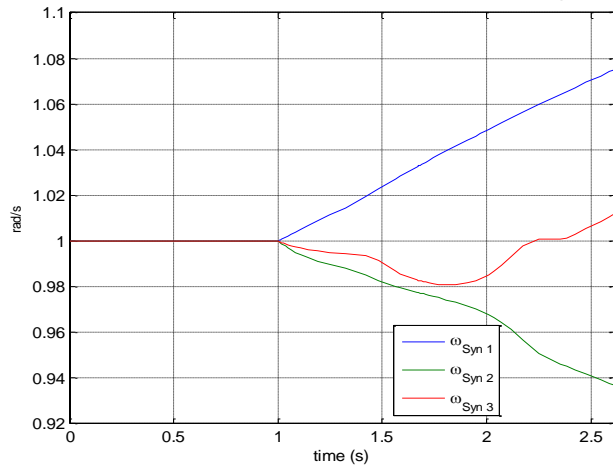


Figure II -19 :les vitesses de 3 générateurs.

Nous avons alimenté notre réseau en double éolienne en plus d'une batterie de stockage comme le montre la figure II-20 :

Tableau II- 3 On régler cette source éolienne comme suit.

Power rating An [MVA]	1.00
Voltage Rating Vn [KV]	0.69
Frequency Rating fn [Hz]	50
Stator resistance Rstat [p.u.]	0.0105
Stator reactance Xstat [p.u.]	0.10
Rotor resistance Rrot [p.u.]	0.013
Rotor Reactance, Xrot [p.u.]	0.08
Magnetization ,Reactance Xm [p.u.]	3.00
Initial Costant Hm [KWs/KVA]	3.00
Pitch control gain Kp; [p.u.]	10
Pitch control time constant, Tp [s]	3
Voltage control gain Kv [p.u.]	10
Power control time constant ,Te [s]	0.01
Rotor radius r [m]	75
Number poles p	4
Number Blades nb	3
Gear box ratio η_{GB}	1/100
Pmax [p.u.]	1.60
Pmin [p.u.]	0.20
Qmax [p.u.]	1.0
Qmin [p.u.]	0.8

Tableau II- 4 es paramètres de la batterie de stockage.

Faraday Constant	F	96487000 [C/kmol]
Absolute Temperature	T	1273 [K]
Gas Constant	R	8341 [J/(kmol K)]
Idea Standard Potential	EO	1.18 [V]
Number of cells	No	384
Costant	Kr = No/4F	0,996*E-6 [kmol/(S A)]
Fuel optimization costant	Uopt	0.85
Maximal and minimal fuel utilization	Umax –Umin	0.9 - 0.8
Valve molar costant for Hydrogen	kH2	8.43*E-4 [kmol/(s atm)]
Valve molar costant for Water	kH2O	2.81*E-4 [kmol/(s atm)]
Valve molar costant for Oxygen	KO2	2.52*E-3 [kmol/(s atm)]
Response time for Hydrogen	TH2	26.1 [S]
Response time for Water	TH2O	78.3 [S]
Response time for Oxygen	TO2	2.91 [S]
Resistance	R	0.126 [Ω]
Fuel system response time	Tf	5 [S]
Electric alresponse time	Te	0.8 [S]
Hydrogen/oxygen ratio	rH-O	1.145
Rated Power	Prated	100 [kW]
Transformer Reactance	Xt	0.05 [p.u.]
Gain constant for voltage control	Km	100 [p.u.]
Time constant for voltage control	Tm	10 [S]
Maximum tap ratio	m max	1.2 [p.u.]
Minimum tap ratio	m min	0.8 [p.u.]
Control Mode	Costant Power	1

4éme scénarios :

Intégration d'une éolienne et d'une pile à combustible avec un jeu de barres défectueux 4

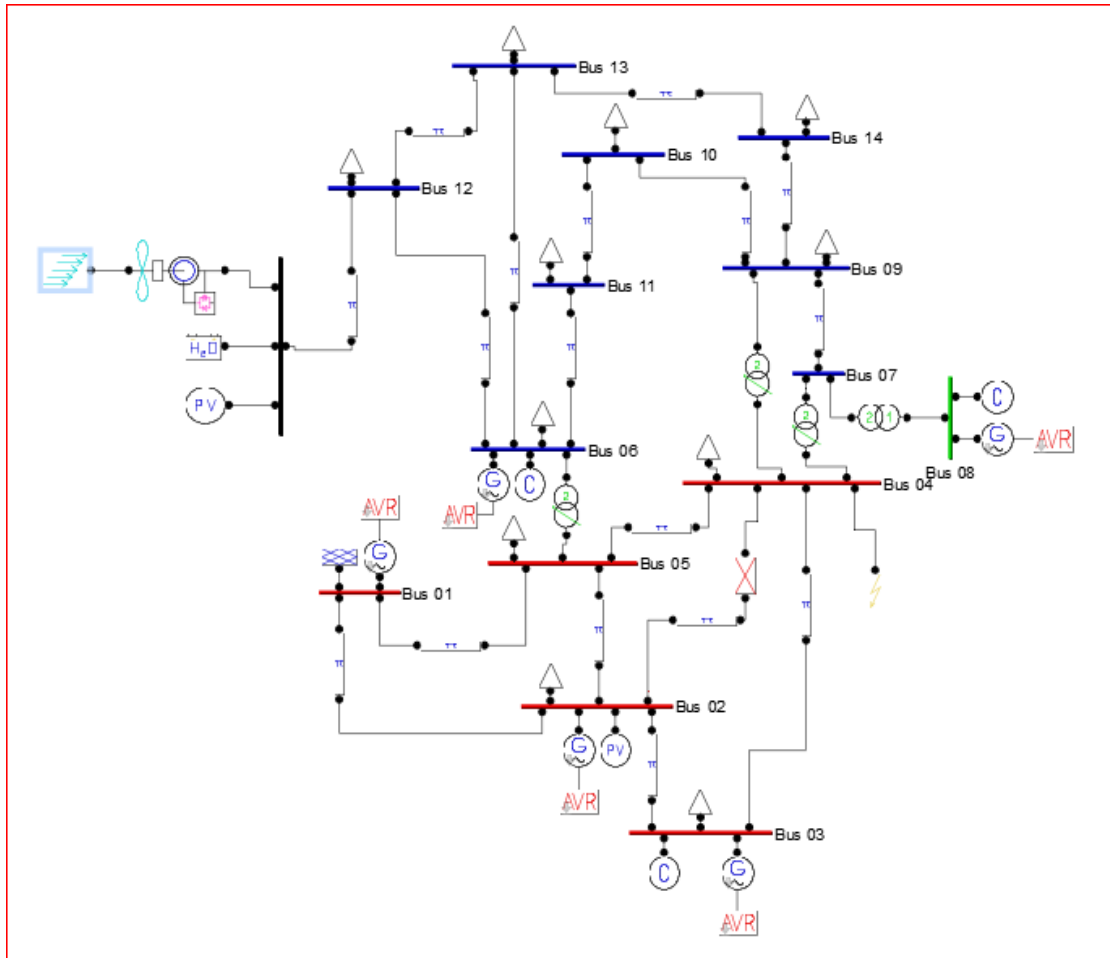


Figure II-20: Représentation du système étudié avec une source d'énergie éolienne.

Pour voir l'état critique de l'instabilité de système nous avons appliqué un défaut de durée de 0,083 [sec] apparu à l'instant 1 [sec] et est éliminé à l'instant 1,083 [sec], les résultats obtenus sont montrés dans les figures suivantes

les résultats de simulation montrés dans la figure II-21 Représente l'évolution de tension de tous les jeux de barre de génération puis se reviennent à son état de stabilité avec quelques oscillations une fois le défaut est éliminé par la déconnexion de la ligne 4-2 .

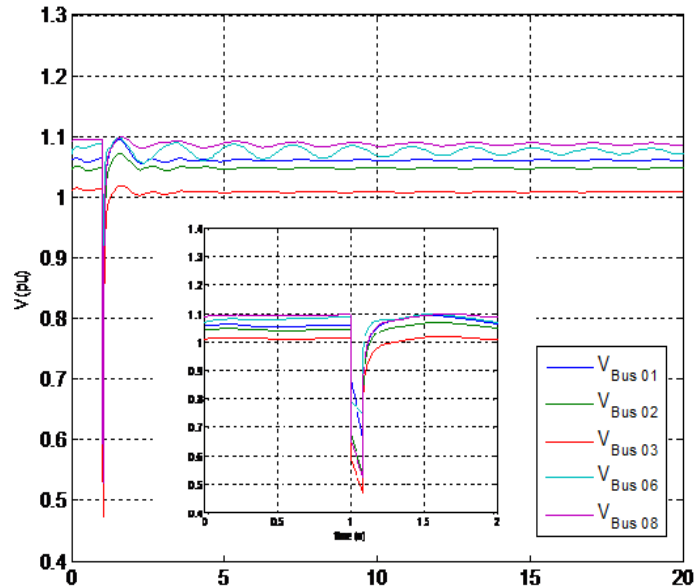


Figure II-21: l'allure des tensions.

Les figures II-22, montrent respectivement l'évolution de la vitesse de générateur 1 et 2 et 3. On voit que y a une oscillation très important au début de défaut puis s'amorce vers son état de stabilité après le défaut.

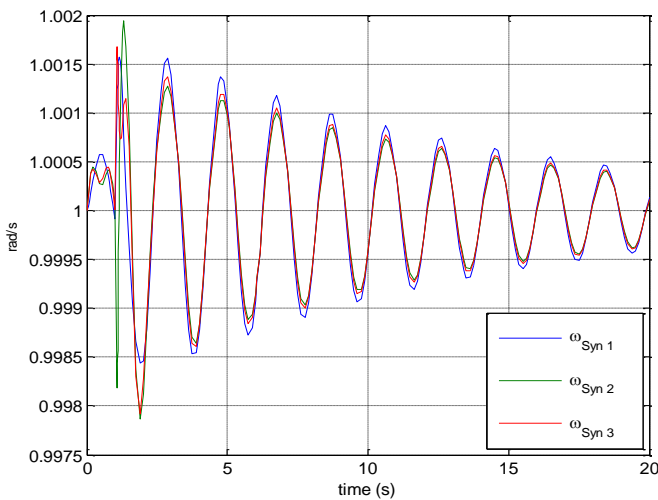


Figure II-22 : les vitesses de 3 générateurs.

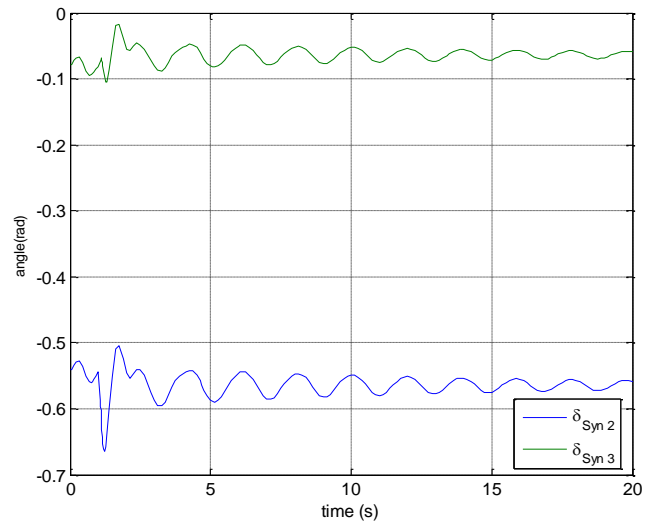


Figure II-23 : les angles rotorique de 2 générateurs.

Les angles rotorique des générateurs présents dans la figure II- 23, montrent une oscillation important de générateur3 par rapport aux générateurs 02 dès l'apparition de défaut puis se stabilise autour d'une fréquence de 60.1 [HZ]. Dans le cas où la ligne est déconnectée après l'annulation de défaut.

Figure :II-24: On remarque que l'intensité des éoliennes est différente, elle démarre faiblement, puis augmente progressivement, puis diminue et augmente à nouveau, et cela revient à l'intensité au vent.

ON peut voir sur la figure II-25 que le potentiel réel de [PAC] diminue avec l'augmentation du temps. Comme nous l'avons mentionné précédemment cette baisse est due aux trois polarisations (activation, ohmique, concentration).

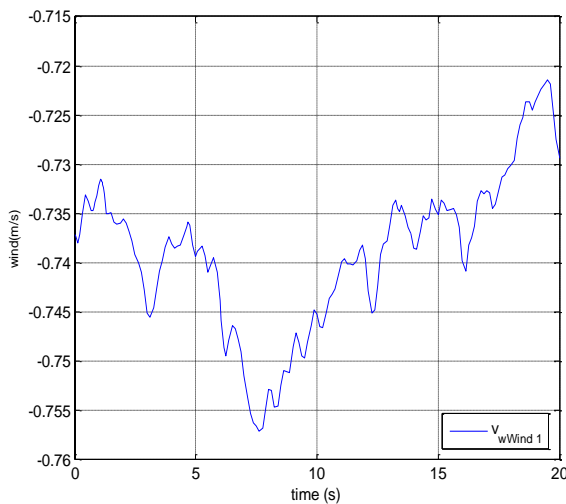


Figure II-24 : l'intensité des éoliennes.

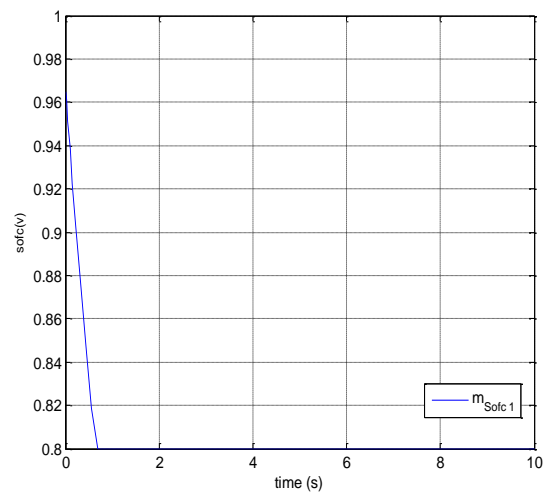


Figure II- 25: Caractéristique de la pile à combustible[PAC].

Pour voir l'état critique de l'instabilité de système nous avons appliqué un défaut de durée de 0,583 [sec] apparu à l'instant 1 [sec] et est éliminé à l'instant 1.583 [sec], les résultats obtenus sont montrés dans les figures suivantes.

On remarque sur la figure II- 26 une forte diminution de l'intensité de la tension des jeux de barre de la génératrice, et en particulier de la tension de jeux de barre de générateur 3 immédiatement après le défaut où elle atteint 0.4 [Pu] car elle est proche du centre du défaut puis revient à une fluctuation importante et critique une fois la panne terminée.

Les figures II- 27 montrent respectivement l'évolution de la vitesse des générateurs 01 et 02 et 03. On constate qu'il y a une petite variation de vitesse angulaire des générateurs puis une très grande oscillation au début du défaut.

L'angle rotorique des générateurs présents dans la figure II-28, montrent une oscillation importante de générateur 3 par rapport aux générateurs 02 qui est plus capacitif et met

beaucoup de temps à osciller une fois qu'un défaut puis apparait se stabilise autour de la fréquence de 60.1 [HZ]. Dans le cas où la ligne est déconnectée après l'annulation de défaut.

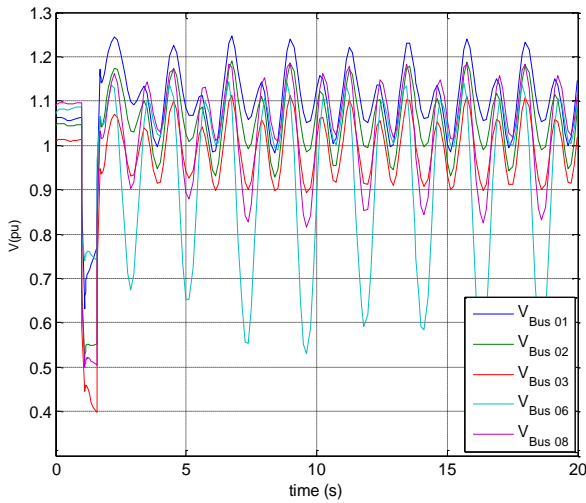


Figure II-26: l'allure des tensions.

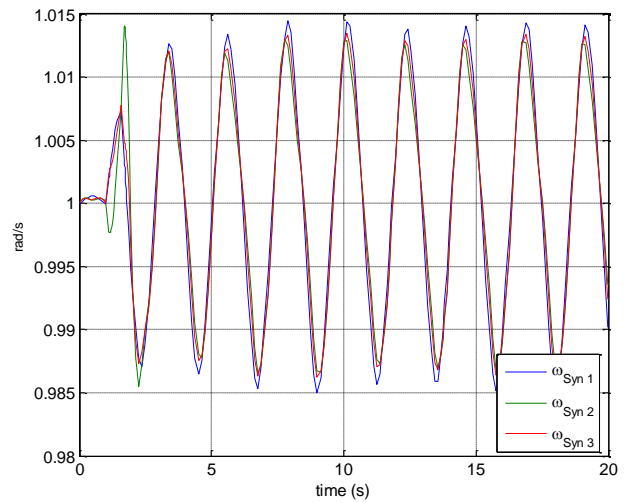


Figure II-27: les vitesses de 3 générateurs.

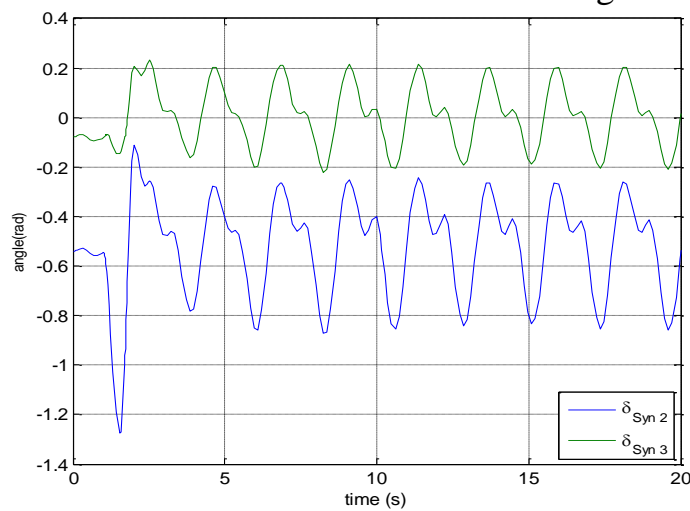


Figure II-28 : les angles rotorique de 2 générateurs.

5ème scénarios :

Changer l'emplacement du lien de défaut :

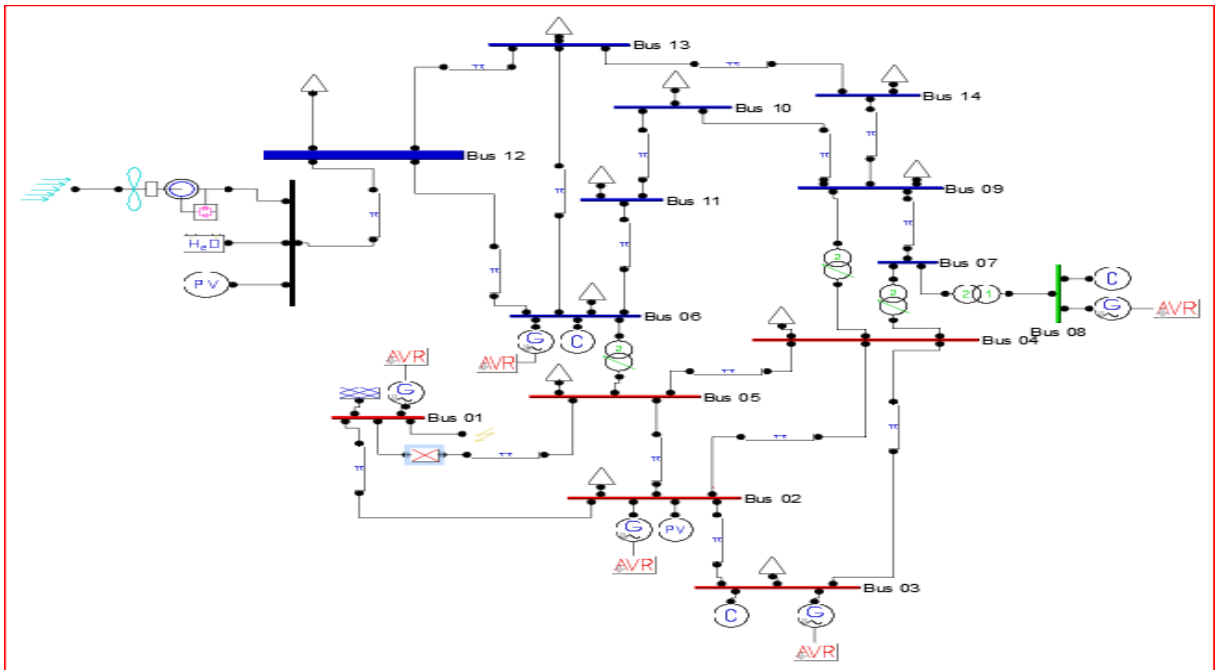


Figure II-29: Représentation du système étudié avec une source d'énergie éolienne.

Pour voir l'état critique de l'instabilité de système nous avons appliqué un défaut de durée de 0,583 [sec] apparu à l'instant 1 [sec] et est éliminé à l'instant 1,583 [sec], les résultats obtenus sont montrés dans les figures suivantes.

La figure II-30. En cas de défaut du jeu de barre 01 et d'augmentation du temps de réponse, on constate une diminution significative de l'intensité de la tension et de la stabilité de v_1 à 0 avec une fluctuation de la tension du reste des générateurs.

La figure II-31. Pour les vitesses angulaires on voit clairement qu'il y a une accélération pour la vitesse de G1 et des accélérations pour les autres générateurs.

La figure II-32 : on remarque également une décroissance rapide de la courbe des angles de rotor jusqu'à ce qu'elle atteigne zéro, cela est dû à l'interruption de la ligne entre le jeu de barre 01 et le jeu de barre 05.

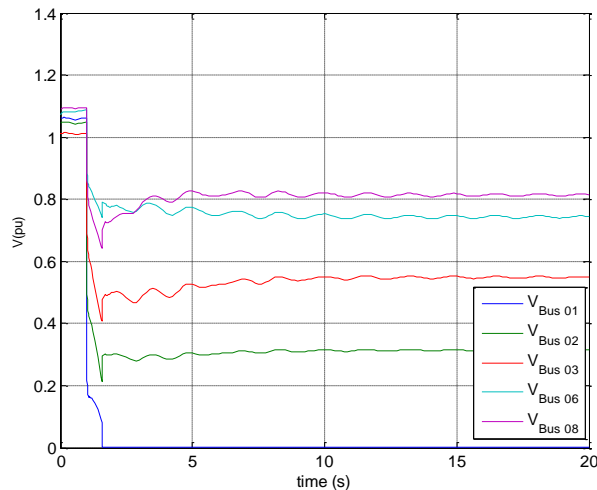


Figure II-30 : l'allure des tensions.

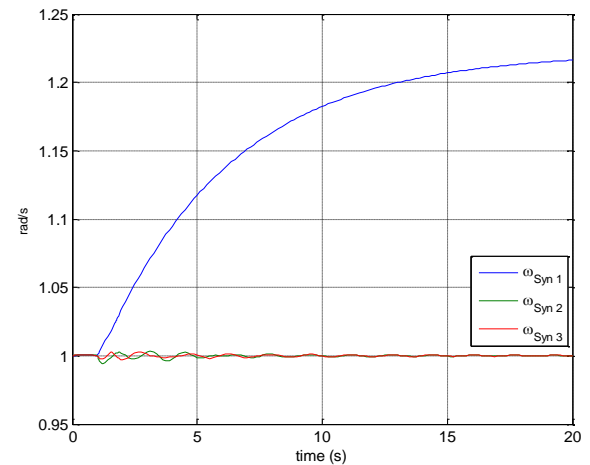


Figure II-31 : les vitesses de 3 générateurs.

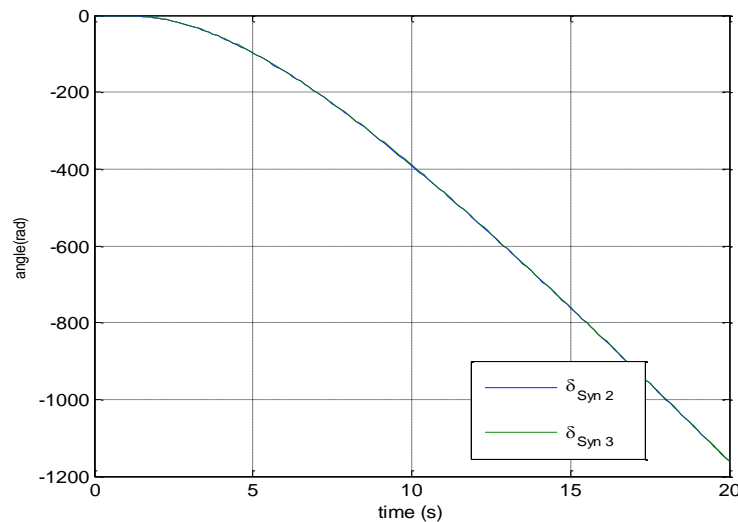


Figure II-32 : les angles rotorique de 2 générateurs.

II -7. Conclusion :

Nous avons présenté dans ce chapitre, une étude de l'amélioration de stabilité des réseaux du 14JB à l'état statique, puis l'amélioration de l'état dynamique.

Dans la première partie, on commence par l'analyse statique de 14JB à l'état normal et pour améliorer la marge de stabilité statique on cherche l'emplacement optimal pour intégrer des sources à énergie éolienne à différents scénarios.

En option, nous combinons des sources d'énergie éolienne et une pile à combustible pour voir leur effet sur la stabilité dynamique, cette dernière a donné des résultats satisfaisants concernant la stabilité dynamique.

Conclusion général

Conclusion général

L'importance de ces travaux se situe dans le cadre de l'amélioration de la stabilité des réseaux électriques. La stabilité des réseaux électriques est une préoccupation majeure pour les exploitants de réseaux électriques en raison de l'évolution des structures de réseau et de la demande croissante d'électricité. Dans cette thèse, tout ce qui concerne les résultats du réseau est présenté en étudiant l'importance du flux d'électricité. La stabilité de la puissance et de la tension dans le système électrique et les angles internes de la tension et du générateur, ainsi que la vitesse du rotor pour simuler et calculer le flux d'énergie à travers le programme de simulation PSAT dans ce travail. Et le rôle des éoliennes dans le pile à combustible dans le bon fonctionnement et la stabilité du réseau électrique dans toutes les conditions, après les avoir intégrées au réseau, et nous avons obtenu des résultats satisfaisants en simulant ce travail dans un programme (MATLAB/PSAT).

Références Bibliographiques

- [1] Khelif Mammam, Settal Hicham , " Le taux d'intégration des sources solaires pour l'évaluation de la stabilité transitoire de réseau de transport" MASTER ACADEMIQUE , ,univ Ouargla,2020
- [2] H. Faisal Mubarak, "hybrid wind-solar electric power system", The, PhD, university of Khartoum, 2013.
- [3] Armand Boyette. "Contrôle-commande d'un générateur asynchrone à double alimentation avec système de stockage pour la production éolienne". Thèse de doctorat. Université Henri Poincaré - Nancy 1, 2006. Français.
- [4] Tir Zoheir "Contribution à l'Étude d'un Aérogénérateur Asynchrone en Cascade" mémoire de magister Université Ferhat Abbas de Sétif, 2010.
- [5] <http://www.projet-eolien-pallieres.fr/...06-09-2016>
- [6] <https://www.comptoireolien.fr/les-differents-typ-eoliennes/index.html>
- [7] METATLA SAMIR "Optimisation et régulation des puissances d'une éolienne à base d'une MADA " mémoire de magister de école nationale supérieure polytechnique d'Alger, 2009.
- [8] B. Beltran , "Contribution à la commande robuste des éoliennes à base de génératrices asynchrones double alimentation : Du mode glissant classique au mode glissant d'ordre Supérieur" Thèse Doctorat de Université De Bretagne Occidentale ; 2010.
- [9] hidrolate.wordpress.com.
- [10] https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_solaire.
- [11] M. SLAMA Fateh. "Modélisation d'un système multi générateurs photovoltaïques interconnectés au réseau électrique " Mémoire de Magister, UNIVERSITE FERHAT ABBAS – SETIF, 2012.
- [12] Sofiane Fellouah, Siham Mesbahi "étude d'un système photovoltaïque connecte au réseau" master académique, université mouloud mammeri de tizi-ouzou, 15/07/ 2015.
- [13] BOUTLILIS Fatima, "Modélisation et simulation des sources de production centralisée Application à l'intégration d'un générateur PV à stockage dans un réseau électrique ", Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, Thèse de doctorat,2017/2018 .
- [14] <https://www.energy.gov.dz/?rubrique=energies-nouvelles-renouvelables-et-maitrise-de-lrenergie>
- [15] P. Kundur, N. J. Balu, and M. G. Lauby, "Power System Stability and Control" McGraw-Hill Professional, 1994.

Références Bibliographiques

- [16] **EMIRA Nechadi**, " Commande Et Stabilité D'un Système Electro énergétique", Thèse De Doctorat, Université Ferhat Abbas, Sétif, 21/03/2013.
- [17] **MESSALTI Sabir**, « Analyse De La Stabilité Transitoire Des Réseaux De Transport A Courant Continu En Haute Tension (HVDC-FACTS) », Thèse De Doctorat, Université Ferhat Abbas, Sétif, 23/06/ 2011.
- [18] F. ZITOUNI" Amélioration De La stabilité Transitoire Des réseaux électrique par L'utilisation Des Systèmes FACTS " Thème de Magister de Université de Ferhat Abbas Sétif 2010.
- [19] BOUCHERIT Yasmine SEBAA Manal " Analyse et amélioration de la stabilité des réseaux électriques sous l'environnement PSAT", MÉMOIRE DE MASTER, Université Mohamed Khider Biskra Le : 26 septembre 2020.

Annexe

POWER FLOW REPORT

P S A T 2.1.8

Author: Federico Milano, (c) 2002-2013

e-mail: Federico.Milano@uclm.es

website: <http://www.uclm.es/area/gsee/Web/Federico>

File: C:\Program Files\MATLAB\R2013a\toolbox\psat8\tests\d_014_dyn.mdl

Date: 23-Jun-2021 22:28:18

NETWORK STATISTICS

Buses: 14
Lines: 16
Transformers: 4
Generators: 5
Loads: 11

SOLUTION STATISTICS

Number of Iterations: 4
Maximum P mismatch [p.u.] 3.4892
Maximum Q mismatch [p.u.] 0.73642
Power rate [MVA] 100

POWER FLOW RESULTS

Bus	V [p.u.]	phase [rad]	P gen [p.u.]	Q gen [p.u.]	P load [p.u.]	Q load [p.u.]
Bus 01	1.0625	11.9952	3.5203	-0.28197	0	0
Bus 02	1.0495	11.8729	0.4	0.9486	0.3038	0.1778
Bus 03	1.0064	11.6342	0	0.59736	1.3188	0.266
Bus 04	0.97871	11.6661	0	0	0.6692	0.056
Bus 05	0.98813	11.7258	0	0	0.1064	0.0224
Bus 06	1.0619	11.5751	0	0.44433	0.1568	0.105
Bus 07	1.0233	11.5949	0	0	0	0
Bus 08	1.083	11.595	0	0.33402	0	0
Bus 09	0.99993	11.5573	0	0	0.413	0.2324
Bus 10	1.0001	11.5535	0	0	0.126	0.0812
Bus 11	1.0254	11.5615	0	0	0.049	0.0252
Bus 12	1.0379	11.5535	0	0	0.0854	0.0224
Bus 13	1.0279	11.5521	0	0	0.189	0.0812

Annexe

Bus 14	0.98612	11.529	0	0	0.2086	0.07
--------	---------	--------	---	---	--------	------

STATE VARIABLES

delta_Syn_1	12.3145
omega_Syn_1	1.0025
e1q_Syn_1	1.0926
e2q_Syn_1	1.0409
e2d_Syn_1	0.12712
delta_Syn_2	11.6276
omega_Syn_2	1.0026
e1q_Syn_2	1.21
e1d_Syn_2	-0.0024
e2q_Syn_2	1.1464
e2d_Syn_2	-0.00373
delta_Syn_3	12.1161
omega_Syn_3	1.0026
e1q_Syn_3	1.3153
e1d_Syn_3	0.14286
e2q_Syn_3	1.2229
e2d_Syn_3	0.22246
delta_Syn_4	11.5923
omega_Syn_4	1.0026
e1q_Syn_4	1.4068
e1d_Syn_4	-0.00073
e2q_Syn_4	1.2457
e2d_Syn_4	-0.00171
delta_Syn_5	11.5731
omega_Syn_5	1.0026
e1q_Syn_5	1.4942
e1d_Syn_5	-0.00028
e2q_Syn_5	1.2791
e2d_Syn_5	-0.00031
vm_Exc_1	1.0625
vr1_Exc_1	0.68581
vr2_Exc_1	-0.0023
vf_Exc_1	0.97972
vm_Exc_2	1.0495
vr1_Exc_2	2.649
vr2_Exc_2	-0.00267
vf_Exc_2	2.6713
vm_Exc_3	1.0065
vr1_Exc_3	2.1269
vr2_Exc_3	-0.00214
vf_Exc_3	2.1449

Annexe

vm_Exc_4	1.0831
vr1_Exc_4	2.7811
vr2_Exc_4	-0.00278
vf_Exc_4	2.7852
vm_Exc_5	1.0619
vr1_Exc_5	3.3431
vr2_Exc_5	-0.00333
vf_Exc_5	3.3336

OTHER ALGEBRAIC VARIABLES

vf_Syn_1	0.97972
pm_Syn_1	3.5203
p_Syn_1	3.4892
q_Syn_1	-0.19133
vf_Syn_2	2.1449
pm_Syn_2	0.00181
p_Syn_2	-0.00236
q_Syn_2	0.65005
vf_Syn_3	2.6713
pm_Syn_3	0.40501
p_Syn_3	0.40215
q_Syn_3	0.91575
vf_Syn_4	2.7852
pm_Syn_4	0.00053
p_Syn_4	0.00064
q_Syn_4	0.36706
vf_Syn_5	3.3336
pm_Syn_5	0.00097
p_Syn_5	0.00071
q_Syn_5	0.48059
vref_Exc_1	1.0656
vref_Exc_2	1.1819
vref_Exc_3	1.1126
vref_Exc_4	1.2219
vref_Exc_5	1.2289

LINE FLOWS

From Bus	To Bus	Line	P Flow [p.u.]	Q Flow [p.u.]	P Loss [p.u.]	Q Loss [p.u.]
Bus 02	Bus 05	1	0.91833	0.11524	0.04453	0.10064
Bus 06	Bus 12	2	0.11486	0.0453	0.00166	0.00346
Bus 12	Bus 13	3	0.02913	0.0198	0.00025	0.00023

Annexe

Bus 06	Bus 13	4	0.26568	0.14428	0.00536	0.01056
Bus 06	Bus 11	5	0.13631	0.13002	0.00299	0.00626
Bus 11	Bus 10	6	0.08528	0.09905	0.00133	0.00312
Bus 09	Bus 10	7	0.03912	-0.01651	6e-05	0.00015
Bus 09	Bus 14	8	0.10473	0.00331	0.0014	0.00297
Bus 14	Bus 13	9	-0.10075	-0.06815	0.0026	0.00529
Bus 07	Bus 09	10	0.34918	0.22395	0	0.01808
Bus 01	Bus 02	11	2.1859	-0.37178	0.08404	0.19771
Bus 03	Bus 02	12	-1.2092	0.19721	0.07007	0.2489
Bus 03	Bus 04	13	-0.10262	0.18872	0.00351	-0.02513
Bus 01	Bus 05	14	1.3032	0.18045	0.08336	0.29234
Bus 05	Bus 04	15	1.3198	-0.16271	0.02415	0.0638
Bus 02	Bus 04	16	0	0	0	0
Bus 05	Bus 06	17	0.67057	0.04366	0	0.10124
Bus 04	Bus 09	18	0.19715	0.02906	0	0.02165
Bus 04	Bus 07	19	0.34855	-0.0956	0	0.02728
Bus 08	Bus 07	20	0.00064	0.36706	0	0.02023

LINE FLOWS

From Bus	To Bus	Line	P Flow [p.u.]	Q Flow [p.u.]	P Loss [p.u.]	Q Loss [p.u.]
Bus 05	Bus 02	1	-0.87379	-0.01459	0.04453	0.10064
Bus 12	Bus 06	2	-0.1132	-0.04185	0.00166	0.00346
Bus 13	Bus 12	3	-0.02888	-0.01957	0.00025	0.00023
Bus 13	Bus 06	4	-0.26032	-0.13372	0.00536	0.01056
Bus 11	Bus 06	5	-0.13332	-0.12376	0.00299	0.00626
Bus 10	Bus 11	6	-0.08395	-0.09593	0.00133	0.00312
Bus 10	Bus 09	7	-0.03906	0.01666	6e-05	0.00015
Bus 14	Bus 09	8	-0.10334	-0.00034	0.0014	0.00297
Bus 13	Bus 14	9	0.10335	0.07344	0.0026	0.00529
Bus 09	Bus 07	10	-0.34918	-0.20587	0	0.01808
Bus 02	Bus 01	11	-2.1019	0.56949	0.08404	0.19771
Bus 02	Bus 03	12	1.2793	0.05169	0.07007	0.2489
Bus 04	Bus 03	13	0.10613	-0.21385	0.00351	-0.02513
Bus 05	Bus 01	14	-1.2199	0.11189	0.08336	0.29234
Bus 04	Bus 05	15	-1.2957	0.22651	0.02415	0.0638
Bus 04	Bus 02	16	0	0	0	0
Bus 06	Bus 05	17	-0.67057	0.05758	0	0.10124
Bus 09	Bus 04	18	-0.19715	-0.00741	0	0.02165
Bus 07	Bus 04	19	-0.34855	0.12287	0	0.02728
Bus 07	Bus 08	20	-0.00064	-0.34683	0	0.02023

GLOBAL SUMMARY REPORT

Annexe

TOTAL GENERATION

REAL POWER [p.u.]	3.9203
REACTIVE POWER [p.u.]	2.0424

TOTAL LOAD

REAL POWER [p.u.]	3.626
REACTIVE POWER [p.u.]	1.1396

TOTAL LOSSES

REAL POWER [p.u.]	0.2943
REACTIVE POWER [p.u.]	0.90275