

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche Scientifique
جامعة سعد دحلب البلدية 1
Université SAAD DAHLAB de BLIDA 1
كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie
قسم الآلية والكهرو تقني
Département D'automatique et
électrotechnique



Mémoire de Master

Filière Electrotechnique
Spécialité Machines Electriques

Présenté par

AMARI Fouad

&

SID Mohamed Abdelaziz

Localisation des défauts avec PMU dans un réseau électrique en utilisant l'approche neuronale

Proposé par : Dr. BELAZZOUG Messaoud & Mr TARIF Toufik

Année Universitaire 2020-2021

Remerciements

Je remercie ALLAH, le tout puissant, le miséricordieux, de m'avoir appris ce que j'ignorais, de m'avoir donné la santé et tout dont j'avais besoin pour l'accomplissement de cette mémoire

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Docteur belaaoug, docteur à l'université Blida, 1, pour avoir dirigé ce travail.

*Je tiens à remercier
Les membres du jury pour avoir accepté d'être parmi nous aujourd'hui pour évaluer mon travail.*

Je remercie tout particulièrement mes parents, pour leur soutien inconditionnel tout au long de ces longues années d'études.

Merci à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin durant ces années d'études.

Je ne peux conclure sans un mot de remerciement à tous mes enseignants tout le long de ma formation.

Dédicaces

Je dédie ce travail à

Mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leurs amours, leurs soutiens et leurs prières tout au long de mes études,

Mes chers membres de la famille, pour leurs appuis et leurs encouragements,

Tous les enseignants et les étudiants de la filière génie électrique,

Mes amis, pour leurs présences et leurs aides

J'espère que ce projet donnera une satisfaction à toutes ces personnes et à tous ceux qui auront l'occasion de le lire.

Amari Fouad

Dédicaces

Je dédie ce travail accompagné d'un profond amour à

Celle qui m'a arrosé de tendresse et d'espoir, à

La mère des sentiments fragiles, qui ma bénie par ces prières,

...Maman.

Mon support dans ma vie, qui m'a appris, m'a supporté et ma dirigé
vers la gloire

...Mon père

Mon frère ,Mon cher grand-père ,

Tous Mes Amis Pour leurs présences et leurs aides et
encouragements.

Sid Mohamed Abdelaziz

Résumé

ملخص:

تعتبر شبكات النقل ضرورية لضمان توفير الطاقة الكهربائية لمختلف مستهلكي HTA HTB و BT. أصبح استخدام وحدات إدارة المشروع في نظام مراقبة وحماية ومراقبة لشبكة الطاقة في الوقت الفعلي أمرًا مهمًا للغاية. في هذا العمل، نستخدم الشبكات العصبونية لاكتشاف وتوطين الأعطال وهي تيارات الدائرة القصيرة

المفاتيح كلمات:

تحديد موقع، للأعطال وحدات التزامنة، برامج شبكة أعصاب صناعية

Résumé :

Les réseaux de transport sont indispensables pour assurer l'alimentation en énergie électrique des différents consommateurs HTB HTA et BT .

L'utilisation des PMU dans un système de surveillance, de protection et de contrôle en temps réel du réseau électrique est devenue très importante.

Dans ce travail, nous utilisons les réseaux de neurones pour la détection et la localisation des défauts à savoir les courants de court circuits

Mots clés : Localisation et identification défaut, Synchrophaseur PMU, Logiciel PSAT, Réseau de neurones artificiel

Abstract :

The transport networks are essential to ensure the supply of electrical energy to the various HTB HTA and BT consumers.

The use of PMUs in a real-time power grid monitoring, protection and control system has become very important.

In this work, we are using neural networks for the detection and localization of faults namely short circuit currents

Keywords : Fault locating and identification, PMU Synchrophasors, PSAT software, Artificial neural network

Liste des acronymes Et abréviation

Liste des acronymes et abréviation

HTA : Haute Tension A.

HTB : Haute Tension B.

BT : Base Tension

WAMS: Wide Area Management Systèmes.

PMU: phasor measurement units

SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition

GPS: Global Positioning system of Satellite

PDC : Phaseurs Concentrateur de données

C.E.I : Commission Electrotechnique Internationale

RNA : Réseau Neurone Artificielle

LF : Logique Floue

AG : Algorithmes Génétiques

SPMS : Système de Mesure de Phaseur Synchronisé

SVM : Support Vector Machine

OPP : Optimal Placement de PMU

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

Liste des acronymes et abréviation

RMS : Root Mean Square

-

VILS: Instability Voltage Load Shedding

VSA: Voltage Stability Assessment

SE : Etat Estimation

EMS: Energy Management System

UTC: Universal temps coordonné

GSM: Generator Status Monitoring

DA : Automatisation de Distribution

ZIB : Zéro Injection Buses

PSAT : Power System Analysis Toolbox

EN 50160 : Caractéristiques de la tension fournie par les réseaux publics de distribution

Sommaire

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre 1 : Généralité sur les défauts dans les réseaux de transport	
1.1 Introduction :	3
1.2 Architecture et exploitation des réseaux HTA	3
1.3 Défauts dans les lignes de transport	4
1.3.1 Origines des défauts	4
1.3.2 Type de défaut	5
1.3.3 Conséquence des défauts.....	5
1.3.3.1 Les surintensité.....	5
a) La surcharge.....	6
b) Le court-circuit	6
1.3.3.2 Les surtensions.....	6
1.3.4. Effet des défauts	6
1.3.4.1 Le bon fonctionnement du réseau	6
1.3.4.2 La tenue diélectrique des matériels.....	6
1.3.4.3 La qualité de la tension	7
1.3.4.4 Les circuits de télécommunication.....	7
1.3.4.5 La sécurité des personnes	7
1.4 Mesure et Protection des réseaux électrique	7
1.4.1 WAMS (Wide Area Measurement Systems)	7
1.4.2 Protection des réseaux électrique	9
1.4.2.1 Définition :	9
1.4.2.2 Eléments constitutifs d'un système de protection.....	9
1.4.2.3 Qualités fondamentales d'une protection électrique.....	9
1.5 Détection, classification et localisation des défauts	11
1.5.1 Les méthodes de détection des défauts.....	11
1.5.2 Classification	12

Sommaire

1.5.2.1 Les méthodes d'apprentissage.....	12
1.5.2.1.a) Calcul des indicateurs.....	12
1.5.2.1.b) Algorithme intelligents	12
1.5.2.1.c) Algorithme intelligents combiné.....	13
1.5.2.1.d) Méthode des ondelettes	13
1.5.3 Localisation	13
1.5.3.a) Approche des phaseurs.....	14
1.5.3.b) Méthode des équations différentielles.....	16
1.5.3.c) Approche de la propagation des ondes.....	17
1.5.3.d) Approche basée sur l'intelligence artificielle.....	17
1.6 Conclusion.....	17
Chapitre 2 :Synchro-phaseur	
2.1 Introduction	18
2.2 Historique	18
2.3 PMU.....	19
2.3.1 Définition.....	19
2.3.2 La technique de mesure des PMU	21
2.3.3 Phaseurs Concentrateur de données (PDC).....	22
2.4 GPS (Global Position System)	23
2.5 WAMS.....	23
2.5.1 Définition.....	23
2.5.2 Le processus de WAMS	24
2.5.3 Ressources des données de WAMS	24
2.5.3.1 Contrôle de surveillance et acquisition de données (SCADA)	24
2.5.3.2 Système de mesure de phaseur synchronisé (SPMS).....	25
2.6 Application des PMU et WAMS.....	26

Sommaire

2.6.1 Application du PMU	26
2.6.1.1 La détection de pannes / la localisation de systèmes électriques	26
2.6.1.2 Surveillance de la tension et le contrôle de stabilité	26
2.6.1.3 Estimation d'état.....	27
2.6.2 Applications de WAMS	28
2.6.2.1 Applications générales	28
2.6.2.2 Transmission et applications de transmission secondaire	28
2.6.2.3 Applications de distribution	29
2.7 Observabilité	29
2.7.1 Introduction	29
2.7.2 Méthodes d'observabilités.....	29
2.7.3 Problème de l'emplacement de PMU.....	30
2.7.4 Zéro Injection Buses (ZIB).....	31
2.7.5 Concept d'observabilité complet et incomplet.....	32
2.7.6 Les règles d'observabilité.....	33
2.7.7 IEEE 14 bus.....	34
2.8 Conclusion.....	37

Chapitre 3 : Les méthodes d'apprentissage

3.1 Introduction :	38
3.2 Historique :	38
3.3 Neurones Biologique :.....	39
3.4 Principe de fonctionnement :.....	40
3.4.1 Qu'est-ce qu'un réseau de neurones ?	40
3.4.2 Le modèle mathématique :	41
3.5 Quelques réseaux célèbres.....	42

Sommaire

3.5.1 Le perceptron.....	42
3.5.2 Les perceptrons multicouches (PMC)	43
3.5.3 Les réseaux de RBF (Radial Basis Fonction).....	44
3.6 Architecture du RNA.....	45
3.7 Apprentissage supervisé et non supervisé	46
3.8 Utilisation des réseaux de neurones	47
3.9 Les méthodes utilisés sur notre travail.....	47
3.10 Avantages et inconvénients	47
3.11 Séparateur a vaste marge :.....	48
3.11.1 Principe de la technique SVM.....	48
3.11.2 Les Avantages et les inconvénients 4des SVM	50
3.11.2.1 Les Avantages	50
3.11.2.2 Les inconvénients.....	50
3.12 Conclusion.....	51

Chapitre 4 :Simulation

4.1 Introduction	52
4.2 Organigramme de travail.....	52
4.3 L'observabilité.....	53
4.3.1 Choix du réseau	53
4.3.2 L'emplacement optimal de PMU	53
4.4 Base de données	54
4.4.1 Créations du défaut.....	54
4.4.2 La taille des données	57
4.5 Calcul d'énergie	57
4.6 Normalisation	58
4.7 Localisation	59

Sommaire

4.7.1 Étude comparative des bases de données	60
4.7.2 Réglage des paramètres	61
4.7.3 Test de résultat.....	63
4.8 Comparaison entre la méthode de RNA et SVM	64
4.9 Conclusion.....	64
Conclusion Générale.....	65
Annexe.....	66
Bibliographie.....	71

Liste des figures

Chapitre 1 : Généralité sur les défauts des lignes de transport d'énergie électrique

Figure1.1 : Architecture de réseau HTA

Figure1.2 : Défaut dans les lignes de transport

Figure1.3 : Structure générale de wams

Figure1.4 : Schéma fonctionnel d'une protection électrique

Figure1.5 : Fiabilité d'une protection électrique

Figure1.6 : Organigramme de détection, classification et localisation des défauts

Figure1.7 : Schéma équivalent de défaut dans la ligne électrique

Figure1.8 : Schéma équivalent de défaut de ligne triphasé

Chapitre 2 : Vue D'ensemble des synchrophaseurs (PMU)

Figure 2.1 : Le premier prototype de PMU

Figure 2.2 : Schéma synoptique de l'appareil de mesures de phaseurs PMU

Figure 2.3: Phasor Measurement Unit (PMU)

Figure 2.4 : Forme d'onde sinusoïdale et sa représentation de phaseurs

Figure 2.5 : Les signaux reçus par PMU

Figure 2.6 : La structure de PDC

Figure 2.7 : WAMS Processus dans les systèmes d'énergies

Figure 2.8 : Sous-Système SCADA

Figure 2.9 : Observabilité topologique du système d'alimentation à l'aide de l'emplacement du PMU

Figure 2.10 : L'observabilité complète

Figure 2.11 : L'observabilité incomplète

Figure 2.13 : IEEE14 bus système

Figure 2.14 : L'emplacement des PMU sur IEEE14 nœud

Chapitre 3 : Les Méthode D'apprentissage

Figure 3.1 : neurones biologique

Figure.3.2 : Neurone formel.

Figure 3.3 : Quelques types de fonctions d'activation pour les RNA

Figure 3.4 : schéma d'un perceptron multicouche

Figure 3.5 : schéma d'un RBF

Figure 3.6 :L'architecture du RNA (4 10 1)

Figure 3.7 : Vue générale d'ensemble du RNA (4 10 1)

Chapitre 4 : Application et résultat (simulation)

Figure 4.1 : L'organigramme de travail

Figure 4.2 : Nœud n5 R=0.7pu

Figure 4.3 : Nœud n5 R=3.5 pu

Figure 4.4 : Nœud n5 R=10 pu

Figure 4.5 : Nœud n5 R=25pu

Figure 4.6 : La base de données de la localisation

Figure 4.7 : Localisation de 1 et 2 éme bus pour le 1^{er} scenario

Liste des tableaux

Chapitre 1 : Généralité sur les défauts des lignes de transport d'énergie électrique

Tableau 1.1 : Représentation de comparaison entre les systèmes SCADA et PMU.....8

Chapitre 2 : Vue D'ensemble des synchrophaseurs (PMU)

Tableau 2.1 : Radial et zéro injection buses sur notre système.....37

Tableau 2.2 : Emplacements PMU pré-affectés37

Tableau 2.3 : Les différents emplacements optimaux des PMU37

Chapitre 4 : Application et résultat (simulation)

Tableau 4.1 : L'observabilité54

Tableau 4.2 : Format de données de défaut (Fault. con).....54

Tableau 4.3 : Étude pour 3 scénarios.....60

Tableau 4.4 : Étude pour 7 scénarios.....60

Tableau 4.5 : Étude pour 14 scénarios.....61

Tableau 4.6 : Les paramètres de RNA.....62

Tableau 4.7 : Résultat de test.....63

Tableau 4.8 : Résultat d'entraînement.....64

Introduction générale

Introduction générale

Les lignes de transport d'énergie électrique constituent une partie essentielle d'un réseau électrique exploitées à différents niveaux de tension, connectées entre elles dans des postes électriques. Ces derniers permettent de répartir l'électricité et de la faire passer d'une tension à l'autre grâce aux transformateurs dans le but d'assurer la continuité de l'alimentation des consommateurs en électricité.

Cependant, ces lignes de transport sont soumises à plusieurs perturbations (des défauts polyphasés ou monophasés) dues à des phénomènes différents qui peuvent interrompre le service, et engendrer des pertes financières importantes pour les industriels et des désagréments pour les simples consommateurs.

La majorité des défauts sont dus à des courts-circuits causés souvent par les foudres, les pluies ou les surtensions créées par l'ouverture et la fermeture des disjoncteurs, ces courts-circuits pouvant être permanents, voilà pourquoi lors de l'occurrence de ces défauts, les exploitants doivent avoir connaissance de l'existence du défaut, l'identifier, l'isoler et le réparer le plus rapidement possible pour réalimenter les clients. Ces actions constituent la détection et la localisation de défaut dans les réseaux électriques.

Pour réaliser la détection et la localisation du défaut dans les réseaux de distribution, il est possible d'utiliser des PMU (Phasor Measurement Units) basé sur le système de positionnement global (GPS) pour la supervision, l'exploitation, la protection et le contrôle des systèmes électriques modernes.

Notre travail est réparti sur quatre chapitres principaux :

- Le premier présente le contexte de la recherche qui porte sur la détection et la localisation des défauts dans les réseaux de distribution HTA. Pour cela, nous allons aborder l'architecture, l'exploitation et l'évolution des réseaux HT. Les types et les méthodes de détection et localisation des défauts sont également présentés.
- Dans le deuxième chapitre, une description générale sur les PMU, tout en citons les appareils WAMS et leurs rôles dans l'acquisition, la transmission et le traitement de données.
- Dans le troisième chapitre, nous présentons la méthode d'apprentissage RNA (réseau de neurone) utilisé lors de notre simulation, avec une description d'une deuxième méthode SVM (séparateur vaste marge).

Introduction générale

- Le dernier chapitre consiste à une simulation de la méthode d'apprentissage RNA sur un réseau IEEE 14 bus.

Enfin, nous terminons notre travail par une conclusion générale et quelques perspectives, remarques que nous avons pu constater durant la réalisation de ce modeste travail.

Chapitre 1

Généralité sur défauts des lignes de transport d'énergie électrique

1.1 Introduction :

La gestion des réseaux électriques est devenue très complexe et difficile à gérer avec la croissance de ces éléments soit pour la production ou pour le transport d'énergie électrique. Ce dernier est assuré par des lignes à très haute tension (THT), ces lignes sont menacées à des perturbations d'origine diverses qui affectent la qualité et la stabilité économique de fourniture d'énergie aux clients.

L'installation de la technologie numérique dans la protection des lignes de transport a créé de nouvelles solutions qui permettent d'améliorer l'analyse de ces défauts grâce à leurs capacité de calcul des valeurs des signaux mesures, d'opérations arithmétiques et le fonctionnement logique.

1.2 Architecture et exploitation des réseaux HTA

La structure d'un système électrique est généralement décomposée en plusieurs niveaux correspondant à différents réseaux électriques (figure 1.1), ce dernier est structuré en trois niveaux assurant des fonctions spécifiques et caractérisés par des tensions adaptées à ces fonctions (basse tension 'BT', moyenne tension 'HTA', haute tension' HTB' et très haute Tension(HTB)). [1]

Parmi les niveaux des tensions distribuent sur les réseaux, on peut parler de trois familles distinctes :

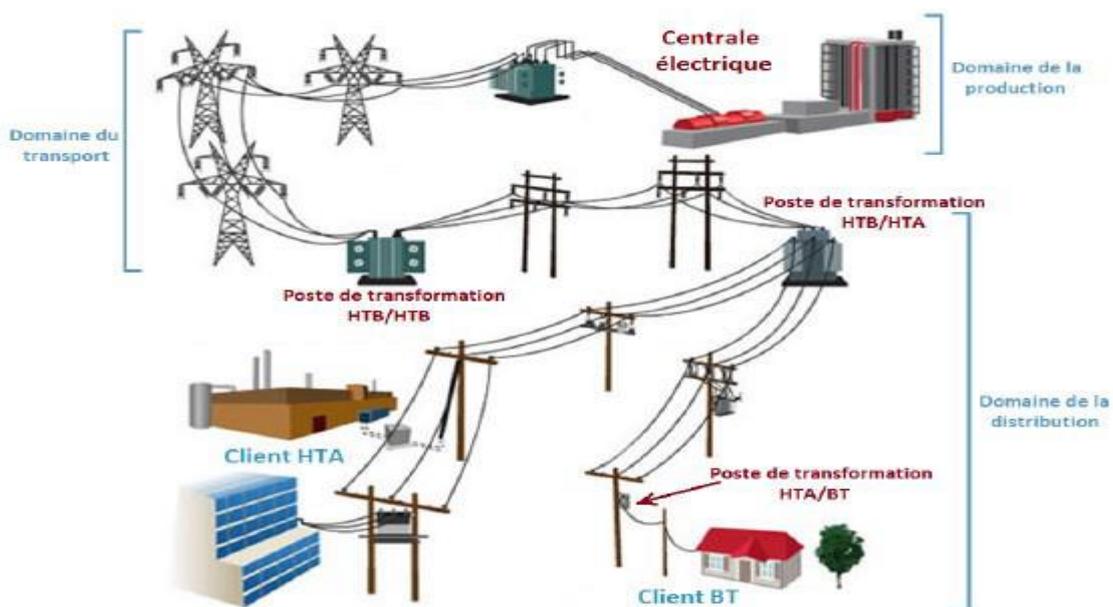


Figure 1.1 : Architecture de reseaux HTA

- Les réseaux de transport à très haute tension (HTB) transportent l'énergie des gros centres de production vers les régions consommatrices (400 et 225 kV). Ces réseaux sont souvent interconnectés, réalisant la mise en commun de l'ensemble des moyens de production à disposition de tous les consommateurs.
- Les réseaux de répartition à haute tension (HTB) assurent, à l'échelle régionale, la desserte des points de livraison à la distribution (90 et 63 kV).
- Les réseaux de distribution sont les réseaux d'alimentation de l'ensemble de la clientèle, à l'exception de quelques gros clients industriels alimentés directement par les réseaux HTB. On distingue deux sous niveaux : les réseaux à moyenne tension (HTA: 30 kV) et les réseaux à basse tension (BT : 400 V). [2]

1.3 Défauts dans les lignes de transport

Les lignes de transport sont construites avec des conducteurs nus, ces conducteurs sont installés dans des structures métalliques spéciales "des pylônes" dans lesquels ces conducteurs sont séparés du pylône lui-même par des composants isolants et séparés entre eux par des espaces suffisants permettant à l'air d'agir comme isolant. [2]

1. 3.1 Origines des défauts

Ces défauts se décomposent en quatre parties :

Electriques : C'est l'altération des isolants des matériels de réseau, par exemple. En effet, les matériels électriques que l'on trouve sur le réseau ou dans les postes comportent des isolants (solides, liquides ou gazeux) constitués d'assemblages plus ou moins complexes placés entre les parties sous tension et la masse. Ces isolants subissent des dégradations au cours du temps qui conduisent à des défauts d'isolement et donc des courts-circuits. [3]

Atmosphériques : Les lignes aériennes sont soumises aux perturbations extérieures telles que la foudre, les tempêtes ou le givre. [3]

Mécaniques : C'est la chute d'un corps sur un conducteur ou la dégradation mécanique de conducteurs consécutive à des agressions extérieures par des engins de terrassement par exemple. [3]

Humaines : Ce sont les fausses manœuvres telles l'ouverture d'un sectionneur en charge par exemple. [3]

1.3.2 Type de défaut

Défauts triphasés : Ce sont les court-circuits entre les trois phases avec ou sans mise à la terre,

Les défauts biphasés : Ce sont les court-circuits entre deux phases ou une phase et le neutre avec ou sans mise à la terre,

Défauts biphasés avec terre : Ce sont des court-circuits entre deux phases de la ligne de transport et la terre

Les défauts monophasés : Ce sont des défauts entre une phase et la terre ou une phase et le neutre. Ils génèrent la circulation d'un courant homopolaire. Leur intensité est limitée par la résistance de terre et par la mise à la terre du neutre,

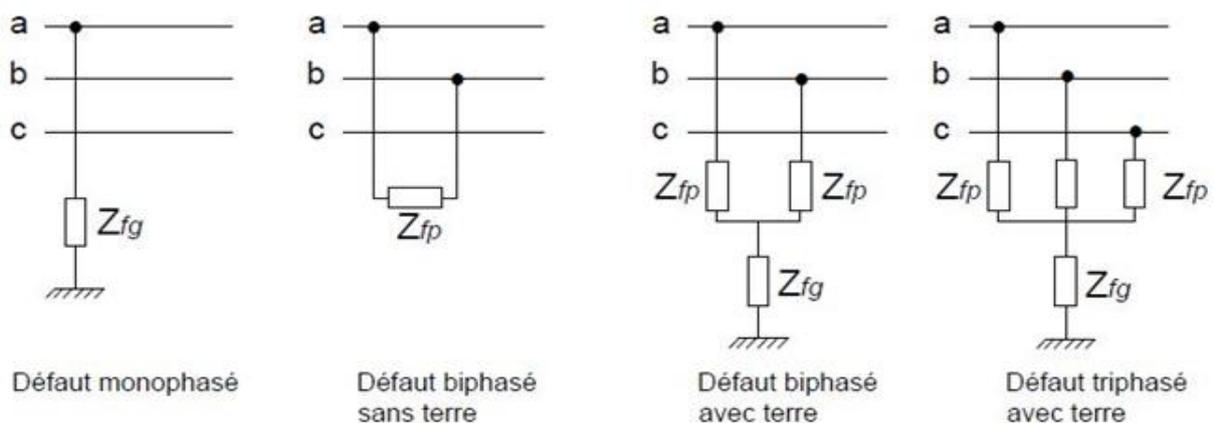


Figure 1.2 : Défauts dans les lignes de transport

1.3.3 Conséquence des défauts

Une augmentation ou une diminution anormale des grandeurs nominales dans un circuit électrique constitue un défaut ou une perturbation. Ce sont le plus souvent les variations anormales de la tension, de l'intensité et de la fréquence qui sont à l'origine de ces perturbations. [4]

1.3.3.1 Les surintensités

Dans un circuit électrique, la surintensité est atteinte lorsque l'intensité du courant dépasse une limite jugée supérieure à la normale. Les causes et les valeurs des surintensités sont multiples. On distingue habituellement dans les surintensités, les surcharges et les courts-circuits. [4]

a) La surcharge

Elévation de l'intensité de 1 à 10 I_n d'un circuit due par exemple à une Surabondances des récepteurs.

- Conséquences : Échauffement lent et progressif des parties actives, des masses Métalliques isolants.

b) Le court-circuit

Elévation brutale de l'intensité de 10 à 1000 I_n dans un circuit due à une liaison accidentelle de deux points de potentiel différents (PH et N).

- Conséquences : Arc électrique, échauffement important pouvant entraîner la fusion des parties actives.

1.3.3.2 Les surtensions

Ce sont des perturbations qui se superposent à la tension nominale d'un circuit. Elles peuvent apparaître :

- entre phases ou entre circuits différents, et sont dites de mode différentiel.
- Entre les conducteurs actifs et la masse ou la terre.[4]

1.3.4. Effet des défauts

Les défauts ont les effets suivants :

1.3.4.1 Le bon fonctionnement du réseau

Lorsqu'ils sont polyphasés et proches des centrales, ils entraînent une diminution du couple résistant des machines et donc une rupture de l'équilibre entre celui-ci et le couple moteur. Si les défauts ne sont pas éliminés rapidement, ils peuvent conduire à la perte de la stabilité des groupes générateurs et à des endommagements du matériel dans le réseau électrique. [2]

1.3.4.2 La tenue diélectrique des matériels

Dans le cas d'un défaut triphasé, les défauts provoquent des surintensités violentes qui peuvent dépasser 20 à 30 fois le courant de service normal. Ces surintensités amènent deux types de contraintes :

- Des contraintes mécaniques dues aux efforts électrodynamiques qui entraînent le balancement des conducteurs aériens et le déplacement des bobinages des transformateurs. Ces effets sont souvent à l'origine des défauts entre phases qui sont

en générale beaucoup plus sévère que les défauts entre phase et terre. Parce que le courant de défaut à la terre est limité par l'impédance de mise à la terre des points neutre des réseaux.

- Des contraintes thermiques dues au dégagement de chaleur par effet joule dans les conducteurs.

1.3.4.3 La qualité de la tension

Les défauts se traduisent pour les utilisateurs par des chutes de tension dont l'amplitude et la durée sont fonction de différents facteurs tels que nature du défaut, la structure du réseau. Affecte, mode de la protection d'exploitation du réseau, mode de mise à la terre du neutre et les performances. [2]

Les perturbations peuvent aller du creux de tension jusqu'à l'interruption complète de tension.

1.3.4.4 Les circuits de télécommunication

La présence d'un court-circuit dissymétrique entre une ou deux phases d'une ligne d'énergie et la terre entraîne la circulation d'un courant homopolaire qui s'écoule à la terre par les points neutre du réseau. La tension induite longitudinale, proportionnelle à ce courant apparaît sur les lignes de télécommunications qui ont un trajet parallèle à la ligne d'énergie. Cette tension peut atteindre des valeurs dangereuses pour le personnel et les installations de télécommunication. [2]

1.3.4.5 La sécurité des personnes

La mise sous tension accidentelle des masses entraîne l'élévation de potentiel des masses, cette élévation est liée à l'écoulement des courants de défaut à la terre. Les conducteurs tombés au sol présentent des risques pour les personnes. Le mode de mise à la terre des points neutre joue de ce fait un rôle essentiel dans la protection des personnes contre les chocs électriques. [2]

1.4 Mesure et Protection des réseaux électrique

1.4.1 WAMS (Wide Area Measurement Systems)

Une des lignes de développement technologique des systèmes d'alimentation dans le monde, qui assurent l'augmentation de la capacité et la stabilité des lignes de transmission de puissance, est la création et mise en œuvre de WAMS (large système de mesure de superficie).

Chapitre 1: Généralités sur les défauts des lignes de transport d'énergie électrique

Il fournit des mesures de temps synchronisé des paramètres qui caractérisent l'état du système électrique dans ses différents points avec une haute résolution. Ce niveau de données permet [5]:

- D'observer les états transitoires.
- Pour estimer les États actuels du système de la toute-puissance.
- Efficace pour analyser les causes et les conséquences des dérangements techniques et troubles du système électrique.
- Pour vérifier et préciser le modèle dynamique d'un système d'alimentation.
- Amende-ajuster l'automatisation d'urgence et de protection.

Ce système se compose de trois parties principales : l'acquisition de données, transmission des données et la procédure de traitement des données. Pour la partie d'acquisition de données, cette tâche peut être assuré par deux technologie différent « contrôle de supervision et l'acquisition des données SCADA et L'unité de mesure de phaseur (PMU) » pour cela on a fait une petite comparaison entre c'est deux systèmes pour voire qui est le plus précis fiable et rapide. Le tableau suivant montre le résultat de cette comparaison [5] :

Attribut	SCADA	PMU
Mesure	Analogique	Numérique
Résolution	2-4 échantillons par cycle	Jusqu'à 60 échantillons par cycle
Observabilité	Régime permanent	Dynamique / Transitoire
Surveillance	Locale	Large zone
Angle	Non	Oui

Tableau 1.1 : Représentation de comparaison entre les systèmes SCADA et PMU.

Enfin, il convient de mentionner que, en théorie, le WAMS pourrait complètement remplacer le SCADA, mais il n'est pas pratique avec la technique de nos jours, en raison de certaines difficultés dans le WAMS avec la communication, le stockage et la gestion. Par conséquent, nous pouvons prévoir que les deux SCADA et WAMS existent dans les réseaux du système d'alimentation. Dans un tel système dans lequel SCADA et WAMS se complètent les uns les autres et peuvent être intégrés ensemble, ils peuvent fournir une garantie pour le fonctionnement stable et sûr du système d'alimentation [6].

1.4.2 Protection des réseaux électrique

1.4.2.1 Définition :

La protection des réseaux électriques désigne l'ensemble des appareils de surveillance et de protection assurant la stabilité d'un réseau électrique.

La Commission électrotechnique internationale (C.E.I) définit la protection comme l'ensemble des dispositions destinées à la détection des défauts et des situations anormales des réseaux afin de commander le déclenchement d'un ou de plusieurs éléments de protection. [7]

1.4.2.2 Eléments constitutifs d'un système de protection

Quel que soit la technologie, le système de protection est composé de trois parties fondamentales :

- ✓ Des capteurs ou réducteurs de mesure qui abaissent les valeurs à surveiller (courant, tension...) à des niveaux utilisables par les protections ;
- ✓ Des relais de protection, qui surveillent en permanence l'état électrique du réseau et qui élaborent des ordres de commande au circuit de déclenchement.
- ✓ Un appareillage de coupure (un ou plusieurs disjoncteurs). [9]

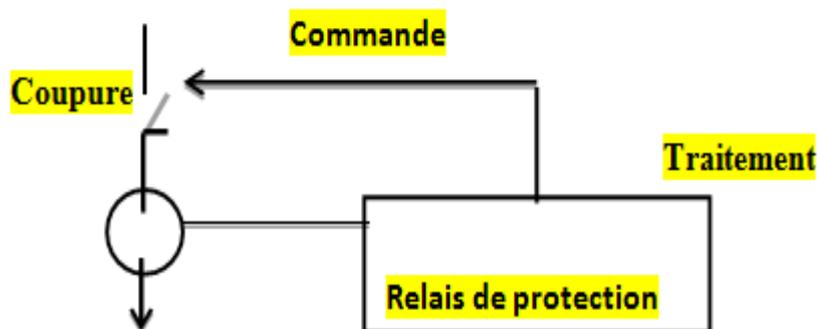


Figure 1.3 : Schéma fonctionnel d'une protection électrique.

1.4.2.3 Qualités fondamentales d'une protection électrique

Une protection électrique se doit de posséder les qualités suivantes :

- **Rapidité**

Les défauts sont donc des incidents qu'il faut éliminer le plus vite possible, c'est le rôle des protections dont la rapidité de fonctionnement est des performances prioritaires. Donc, La rapidité est le temps de réaction d'une protection électrique [2]

- **Sélectivité**

Les protections constituent entre elles un ensemble cohérent dépendant de la structure du réseau et de son régime de neutre [2]. Elle consiste à isoler le plus rapidement possible la partie du réseau affectée et uniquement cette partie, en laissant sous tension toutes les parties saines du réseau. [8]

Les différents types de systèmes qui peuvent être mis en œuvre pour assurer une bonne sélectivité dans la protection d'un réseau électrique :

- ✓ La sélectivité ampérométrique (par les courants).
- ✓ La Sélectivité chronométrique (par le temps).
- ✓ La Sélectivité par change d'information (Sélectivité logique).
- ✓ La Sélectivité par utilisation de protections directionnelles ou différentielles. [2,8]

- **Sensibilité**

La protection doit fonctionner dans un domaine très étendu de courants de courts-circuits entre :

Le courant maximal qui est fixé par le dimensionnement des installations est donc parfaitement connu,

Un courant minimal dont la valeur est très difficile à apprécier et qui correspond à un court-circuit se produisant dans des conditions souvent exceptionnelles. [1, 2, 8]

- **Fiabilité**

L'efficacité est la fiabilité d'un système de protection est la probabilité de ne pas avoir de fonctionnement incorrect « éviter les déclenchements intempestifs », elle est combinée de [2,8]:

- ✓ La sûreté : qui est la probabilité de ne pas avoir de défaut de fonctionnement.
- ✓ La sécurité : qui est la probabilité de ne pas avoir de fonctionnement intempestif.

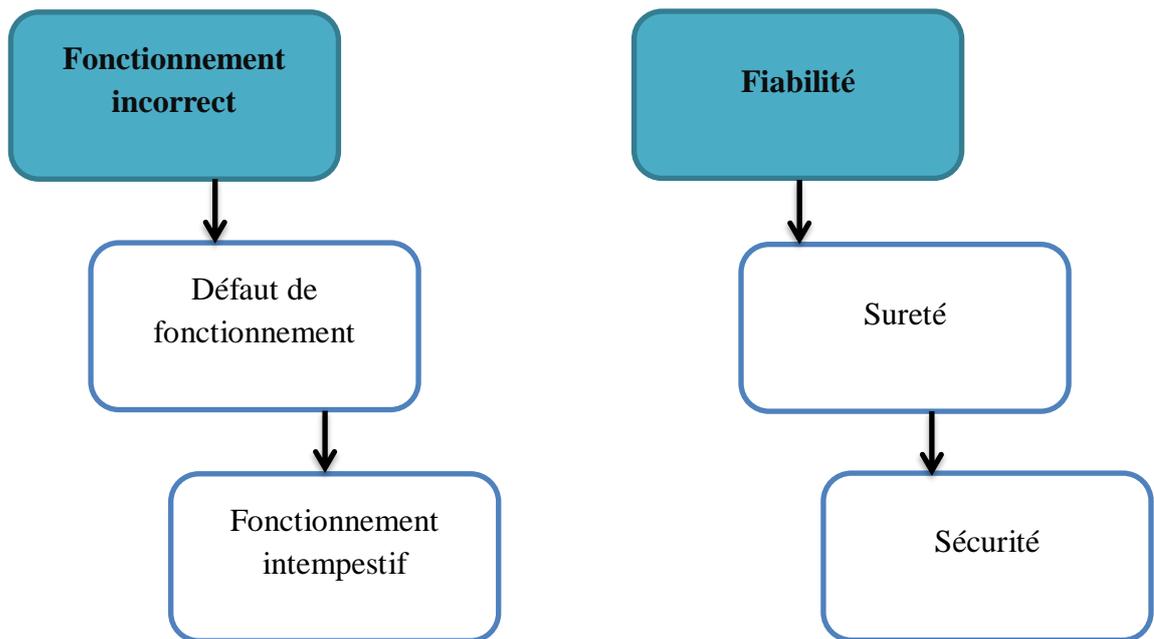


Figure 1.4: Fiabilité d'une protection électrique.

- **Simplicité le cout**

Deux qualités essentielles pour le succès et la continuité d'un système de protection.

1.5 Détection, classification et localisation des défauts

La fourniture d'électricité, en ce qui concerne la sûreté et la disponibilité, constitue un point clef de la gestion des réseaux électriques. Une des tâches importantes de la gestion du réseau consiste à traiter correctement l'occurrence des défauts. En général, on distingue trois niveaux de traitement suite à l'apparition d'un défaut sur un réseau de distribution [14]



Figure 1.5 : Organigramme de détection, classification et localisation des défauts

1.5.1 Les méthodes de détection des défauts

Parmi les techniques proposées dans la littérature et utilisées dans la détection des défauts, nous citerons les techniques suivantes : [9]

- La méthode est basée sur la comparaison entre deux échantillons successifs d'un même signal (courant ou tension). Lorsque la différence entre eux atteint un seuil prédéterminé, on conclut directement qu'il y a un défaut sur la phase qui correspond au signal traité.
- Le défaut peut être détecté en utilisant l'indicateur nT (T : période du signal, 20 ms) calculé à partir des échantillons du courant issu de la ligne. Les valeurs de nT sont comparées à la valeur prédéterminée pour le système à l'état sain. Si la valeur de l'amplitude à nT est supérieure à celle de T , donc la ligne est en défaut.
- Détection des défauts dans les réseaux électriques par réseau neurone artificielle (RNA).

1.5.2 Classification

Dans un problème de classification, la tâche est d'affecter une observation à une classe ou une catégorie prédéfinie. Les méthodes de classification trouvent leur application particulièrement dans la reconnaissance des formes. [10]

1.5.2.1 Les méthodes d'apprentissage

1.5.2.1.a) Calcul des indicateurs

Plusieurs méthodes ont été utilisées pour classifier ou identifier le type de défauts « monophasé, biphasé ou triphasé ». Parmi ces méthodes nous citons une méthode est basée sur le calcul des indicateurs $J_{n,m}$ ($m=a, b, c, g$) à l'état sain avant défaut et après défaut. Selon cette méthode, la classification des défauts peut être faite par une comparaison effectuée entre les nouvelles valeurs et des valeurs prédéterminées [17].

1.5.2.1.b) Algorithme intelligents

Réseau de neurone artificiel (RNA)

Les réseaux de neurones artificiels sont des réseaux fortement connectés de processeurs élémentaires fonctionnant en parallèle. Chaque processeur élémentaire calcule une sortie unique sur la base des informations qu'il reçoit. Toute structure hiérarchique de réseaux est évidemment un réseau. Toute est motionné sur [12,13]

1.5.2.1.c) Algorithme intelligents combiné

RNA-LF

De nombreux auteurs ont donc tout naturellement cherché à combiner ces deux approches depuis le début des années 90. Cette combinaison diffère d'un travail à un autre : la logique floue est utilisée pour optimiser les paramètres d'apprentissage des RNA et améliorer la sortie représentant le type de défaut. Une autre approche consiste à utiliser les neurones flous. Toute est mentionné sur [14]

RNA-AG

Les algorithmes génétiques (AG) sont aussi appliqués pour l'optimisation des entrées du réseau neuronal et à l'optimisation des poids synaptiques des ANN. [15]

RNA-AG-LF

D'autres méthodes hybrides qui consistent à combiner les trois systèmes intelligents (LF, RNA, AG) ont été appliquées avec toutefois des résultats mitigés. [15.14]

1.5.2.1.d) Méthode des ondelettes

Basé sur la comparaison des différents niveaux d'énergies des défauts on peut différencier facilement les types des défauts qui sont produits sur la ligne de transmission.[16]

1.5.3 Localisation

Localiser ou trouver le lieu exact du défaut permettra de réduire le temps requis pour réparer les dommages provoqués par le défaut et améliorer les performances imposées par les réseaux électriques [17,18]

La localisation des défauts sur les lignes de transmission a toujours été un sujet bien connu depuis longtemps, à nos jours, plusieurs algorithmes proposés servent à localiser les défauts apparents dans les réseaux électriques. On peut distinguer les approches suivantes :

Première approche : Ces algorithmes sont les plus répandus et sont basés sur l'utilisation des phaseurs en régime permanent, calculés à partir des données issues d'une ou des deux extrémités de la ligne.

Deuxième approche : Ces algorithmes basés principalement sur l'utilisation des équations différentielles dans le modèle du réseau de transport.

Troisième approche : Ces algorithmes utilisent le principe de propagation des ondes offrant des avantages considérables, surtout pour les longues lignes.

Quatrième approche : Ces algorithmes sont basés sur l'utilisation des méthodes d'intelligence artificielle.

1.5.3.a) Approche des phaseurs

❖ Calcul numérique

Cette méthode très utilisée, est basée sur l'estimation des phaseurs d'état en régime permanent, moyennant les données d'une ou de deux extrémités. Le phaseur est un nombre complexe qui caractérise une période d'un signal donné et qui peut être estimé par plusieurs méthodes : [18]

- Analyse de Fourier.
- Méthode de moindres carrés.
- Méthode de Prony.
- Méthode du filtre de Kalman

❖ Algorithmes de localisation basés sur les données d'une extrémité

Le défaut de ligne électrique est schématisé dans la figure suivant :

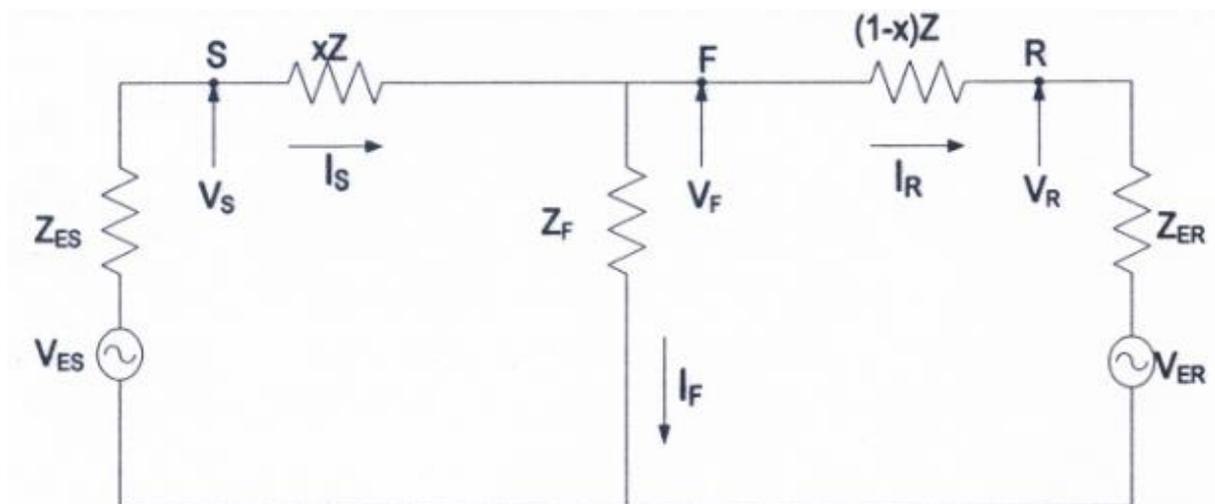


Figure 1.6 : Le schéma équivalent de défaut dans la ligne électrique

Avec :

S, R et F désignent respectivement la source, le récepteur et le défaut de la ligne.

V_s , V_r et V_f sont les tensions de la sources, du récepteur et du défaut de la ligne.

I_s , I_r et I_f sont les courant de la sources, du récepteur et du défaut de la ligne.

x est la distance du défaut.

Z est l'impédance de la ligne.

Z_{ES} , Z_{ER} sont les impédances équivalentes de Thévenin.

V_{ES} , V_{ER} sont les tensions équivalentes de Thévenin.

Parmi les algorithmes basés sur une seule extrémité, la technique développée dans la référence [17] par Takagi et al supposent que les impédances et les résistances mutuelles entre les phases sont négligeables, et l'impédance de défaut est une résistance égale à R_F . La distance de défaut x est donnée par l'équation suivante :

$$x = \frac{\text{Im}(V_S I_S^{n*})}{\text{Im}(Z I_S I_S^{n*})}$$

Sachant que : I_S^{n*} est le conjugué de courant de défaut superposé donné dans [17].

D'autres algorithmes de localisation de défaut sont basés sur les données d'une extrémité utilisant comme principe les composantes symétriques comme l'algorithme présenté dans la référence [17]. L'avantage principal de l'application des composantes symétriques est dans le découplage de notre système qui permet d'obtenir trois équations découplées et de déduire la valeur de x .

❖ Algorithmes de localisation basés sur les données de deux extrémités

Ces algorithmes peuvent être classés en deux catégories :

- Algorithmes basés sur les données non synchronisées issues de deux extrémités de la ligne.
- Algorithmes basés sur les données synchronisées issues de deux extrémités de la ligne.

Plusieurs algorithmes sont proposés, parmi lesquels nous citons :

Pour la deuxième catégorie, plusieurs algorithmes proposés sont basés sur l'utilisation des échantillons synchronisés par 'GPS' (Global Positioning system of Satellite) et sur les paramètres distribués de la ligne où est négligé l'effet de la capacité shunt et de la conductance. La ligne est considérée homogène pour simplifier le modèle utilisé.

Soit le schéma suivant qui représente un défaut sur une ligne triphasée :

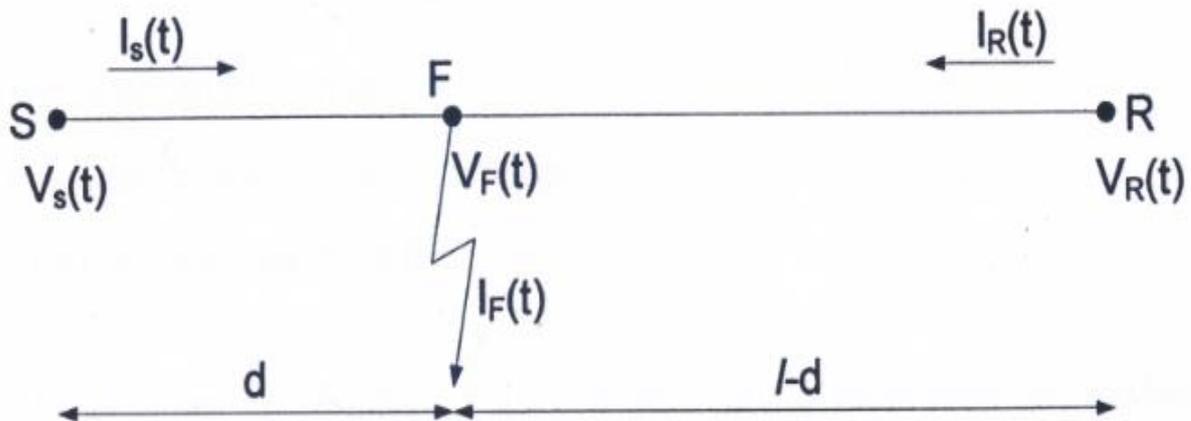


Figure 1.7 : Schéma équivalent de défaut de ligne triphasé

Les algorithmes les plus importants sont :

- Le travail proposé dans la référence [17] permet de déterminer la valeur de la distance x donnée par la formule suivante :

$$x = \frac{\sum_{n=2}^{N+1} (\Delta V_n, \varphi_n)}{\sum_{n=2}^{N+1} (\varphi_n, \varphi_n)}$$

Avec :

ΔV_n : Vecteur représentant les écarts des tensions échantillonnés.

φ_n : Vecteur qui est en fonction des écarts des courants échantillonnés.

$\{, \}$: Dénote le produit scalaire entre ces deux vecteurs.

1.5.3.b) Méthode des équations différentielles

On peut appliquer cette méthode sur deux modèles différents de la ligne de transport :

- Modèle à paramètres concentrés (lumped parameter model). Toute est détaillé sur la référence [19,20]
- Modèle à paramètres distribués (Distributed paramètre model). Toute est détaillé sur la référence [21]

1.5.3.c) Approche de la propagation des ondes

Cette méthode ne nécessite pas la résolution des équations aux dérivées partielles. Dans cette approche, lorsqu'on considère la propagation d'ondes le long d'une ligne parfaite sans pertes.

1.5.3.d) Approche basée sur l'intelligence artificielle

Nous citons ici les méthodes suivantes [22] :

- Techniques des systèmes experts (SXP).
- La logique floue (LF).
- Les réseaux neurologiques artificiels (RNA) [23].

1.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons cité les différents types de protection des systèmes électriques aussi nous décrivons les différentes étapes d'analyse des défauts qui apparaissent sur les lignes de transport d'énergie électriques ainsi que les techniques utilisées dans la détection, classification et localisation des défauts.

Chapitre 2

Synchro-phaseur(PMU)

2.1 Introduction

Les unités de mesure des phaseurs synchronisés (PMU) ont été introduites pour la première fois au début des années quatre-vingt (1980) et sont depuis devenues comme l'un des appareils de mesure les plus importants dans l'avenir des réseaux électriques avec de nombreuses applications actuellement en développement dans le monde entier [21].

En particulier, ce chapitre examine la manière dont les données de synchrophaseur et leur application peuvent être utilisées par le personnel des opérations système pour analyser les perturbations du système électrique en temps quasi réel et identifier les actions pouvant être entreprises pour isoler les équipements défaillants afin de rétablir le fonctionnement du système électrique.

Le chapitre identifie aussi les avantages potentiels pour le service public dans les domaines de la performance opérationnelle, de la sécurité, de la fiabilité et des coûts.

Un certain nombre de PMU sont déjà installées dans plusieurs utilitaires du monde entier pour diverses applications telles que l'analyse post-mortem, l'adaptation protection, systèmes de protection du système et estimation d'état. L'un des problèmes les plus importants qu'on a traités dans notre chapitre. [24]

2.2 Historique

En 1893, Charles Proteus Steinmetz a présenté un article sur la description mathématique simplifiée des formes d'onde de l'électricité en courant alternatif. Steinmetz a qualifié sa représentation de phaseur. [25]

Au début de 1980, l'accent était mis sur la recherche et le développement d'appareils de mesure - PMU et PDC.

Avec l'invention des unités de mesure du phaseur (PMU) en 1988 par les docteurs Arun G. Phadke et James S. Thorp chez Virginia Tech, la technique de calcul du phaseur de Steinmetz a évolué vers le calcul des mesures de phaseur en temps réel synchronisées. Référence de temps absolue fournie par le système de positionnement global. Nous appelons donc les mesures de phaseur synchronisées des synchrophaseurs. [26, 27, 28]

Les premiers prototypes du PMU ont été construits à Virginia Techet Macrodyne construit la première PMU en 1992. Avec la croissance croissante des ressources énergétiques réparties sur le réseau électrique, il faudra davantage de systèmes d'observabilité et de contrôle pour

Chapitre 2 : Synchro-Phaseur (PMU)

surveiller le flux d'énergie. Auparavant, l'énergie était fournie de manière unidirectionnelle par le biais de composants passifs aux clients. Avec un réseau de production et de charges de plus en plus complexe, il est impératif que les conditions électriques des réseaux de transport et de distribution soient constamment surveillées par le biais d'une technologie de détection avancée, à savoir les PMU et les uPMU. [24]

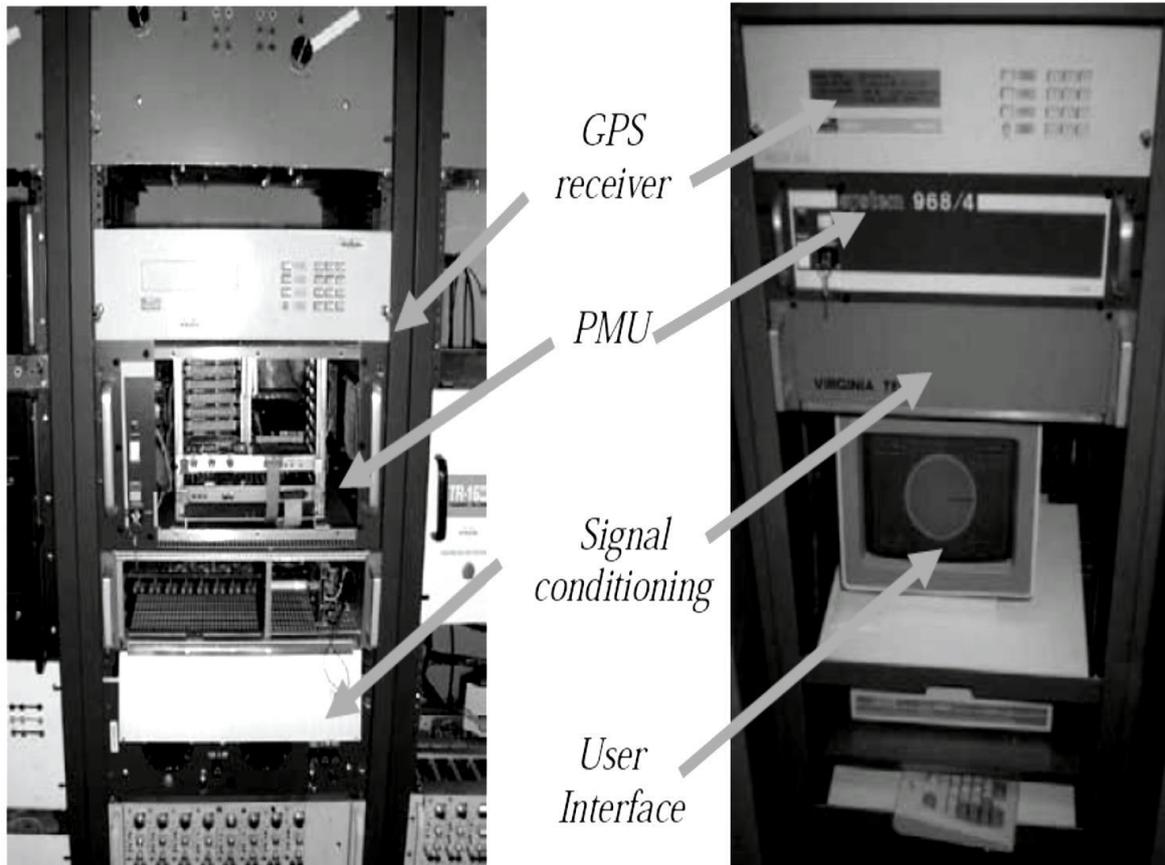


Figure 2.1 : Le premier prototype de PMU

2.3 PMU

2.3.1 Définition

Le PMU est une fonction ou un dispositif logique qui fournit au synchrophaseur une mesure synchronisée dans le temps d'une quantité décrite par un phaseur. Comme un vecteur, un phaseur a des informations de magnitude et de phase.

Un PMU mesure les valeurs de phaseur du courant et de la tension. Ces valeurs ont une précision élevée, et sont combinées avec les valeurs de fréquence d'alimentation, de taux de

Chapitre 2 : Synchro-Phaseur (PMU)

changement de fréquence d'alimentation et de données binaires optionnelles également horodatées à une station d'analyse centrale.

Ces appareils utilisent un signal horaire GPS pour un horodatage extrêmement précis des informations sur le réseau électrique. Un récepteur GPS fournit une impulsion de temps précise, qui est en corrélation avec des signaux échantillonnés de tension et de courant.

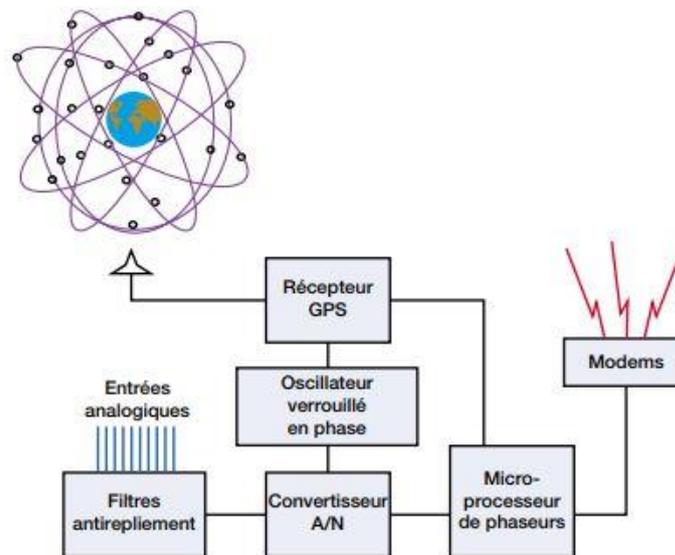


Figure 2.2 : Schéma synoptique de l'appareil de mesures de phaseurs PMU

Le protocole de transmission normalisé IEEE C 37.118 est utilisé à cet effet. Les taux de signalement des données sont généralement de 30 à 60 enregistrements par seconde, l'unité de mesure du phaseur est illustrée à la figure 2. [26]



Figure 2.3: Phasor Measurement Unit (PMU)

L'échantillonnage des synchrophaseurs est de 30 à 60 observations par seconde, comparé aux technologies, comme SCADA, qui mesure une fois toutes les deux à quatre secondes. Les opérations de base nécessaires pour le fonctionnement des synchrophaseurs,

2.3.2 La technique de mesure des PMU

Le phaseur est un concept fondamental en génie électrique qui représente un signal sinusoïdal son ampleur et sa phase par rapport à une référence.

Dans la figure de forme d'onde sinusoïdale comme représenté sur la figure 2.4, la distance entre la crête sinusoïdale du signal et la référence temporelle (GPS) (par exemple le temps= 0) est défini comme étant un angle de phase et il est transféré à une mesure angulaire de la représentation de phaseurs. [29]

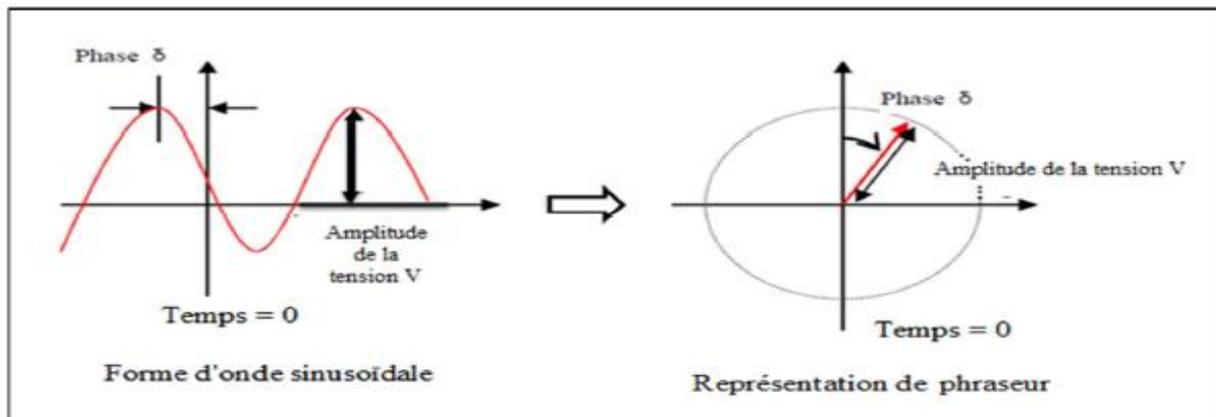


Figure 2.4 : Forme d'onde sinusoïdale et sa représentation de phaseurs

Un signal sinusoïdal peut être défini par la formule suivante :

$$x(t) = X_m * \cos(2\pi f t + \varphi) \quad (2.1)$$

Où X_m est l'amplitude et f la fréquence. Un tel signal est généralement représenté par le phaseur complexe :

$$X = \frac{X_m}{\sqrt{2}} e^{j\varphi} = \frac{X_m}{\sqrt{2}} * (\cos\varphi + j \sin\varphi) = X_r + j X_i \quad (2.2)$$

Où la magnitude $\frac{X_m}{\sqrt{2}}$ est la valeur quadratique moyenne (RMS), et les X_r et X_i sont les parties réelles et imaginaires de la valeur complexe (ses composantes rectangulaires). La valeur de l'angle de phase φ dépend de la référence de temps. En particulier, lorsque $t = 0$ est supposé, pour le standard.

Le synchrophaseur peut être défini comme :

La représentation synchrophaseuse du signal $x(t)$ dans l'équation (2.1) est la valeur X dans l'équation (2.2) où φ est l'angle de phase instantané par rapport à une fonction cosinus à la fréquence nominale du système synchronisée sur UTC. [29,30]

Chapitre 2 : Synchro-Phaseur (PMU)

La technologie de synchrophaseur (PMU) est une technologie de mesure de valeur dans le système d'alimentation pour surveiller l'état des réseaux de transport et de distribution. Comme représenté sur la figure (2.4), le phaseur de la composante 50 Hz est obtenue en se basant sur la forme d'onde de tension analogique en numérique échantillonné qui est synchronisé avec le signal d'horloge à partir du récepteur GPS dans des emplacements distribués (bus1 et bus 2). La référence de temps est intitulé comme un signal « de référence commun» et il permet de synchroniser les différentes formes d'onde à tous les différents sites. La différence d'amplitude entre le signal 1 et le signal 2 sur la figure 2.5 est due à l'atténuation du signal sur la ligne de transmission aérienne.

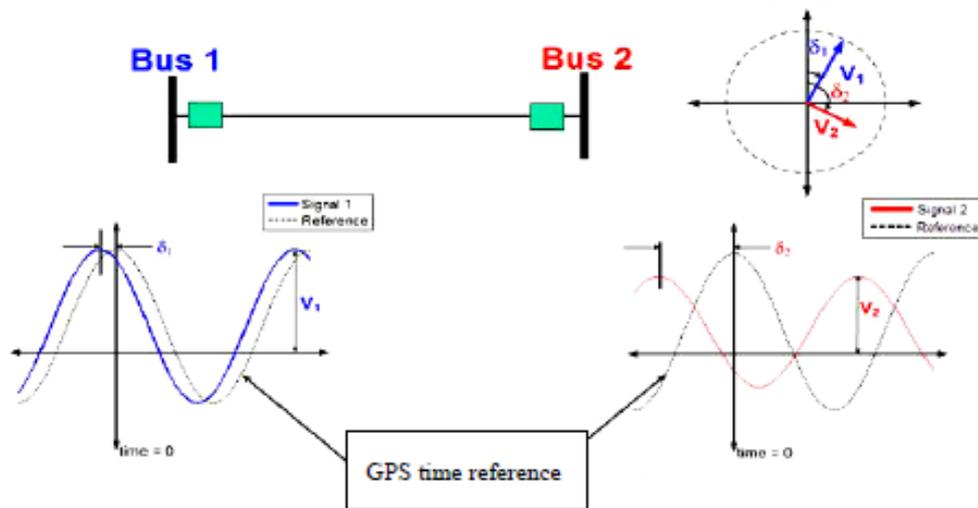


Figure 2.5 : Les signaux reçus par PMU

2.3.3 Phaseurs Concentrateur de données (PDC)

Un PDC (Phasor Data Concentrator) est un dispositif de collecte de données PMU qui synchronise les mesures prises à chaque instant indépendamment du moment où les données ont été reçues [31], L'heure du PDC doit être synchronisée. Ensuite, les données synchronisées dans le temps sont transmises à un niveau supérieur de PDC (Super PDC) ou au logiciel d'application supérieur pour l'analyse du système d'alimentation, comme illustré à la figure 2.6 Sur la base de cette analyse, la surveillance, le contrôle, la protection et divers autres les fonctions sont lancées.

Chapitre 2 : Synchro-Phaseur (PMU)

Le PDC surveille également les indices de qualité de l'énergie tels que l'affaissement de la tension, la fréquence, la puissance active et la puissance réactive. Le PDC peut également avoir d'autres fonctionnalités, telles que le rejet des données incorrectes, la vérification des erreurs et la création d'un enregistrement cohérent des données enregistrées simultanément.

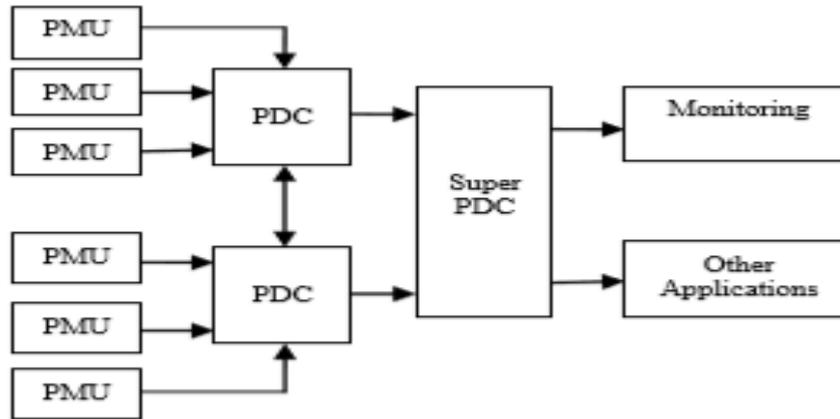


Figure 2.6 : La structure de PDC

2.4 GPS (Global Position System)

Le système GPS comprend 24 satellites répartis sur six orbites à une altitude approximative de 10 000 milles au-dessus de la surface de la Terre. Ils sont donc approximativement à la moitié des altitudes correspondant à une orbite géosynchrone. Le positionnement du plan orbital et celui des satellites sur les orbites sont tels qu'à tout moment, au moins quatre satellites sont visibles depuis n'importe quel point de la surface de la Terre. Souvent, plus de six satellites sont visibles. [31]

Le temps synchronisé est donné par GPS utilise l'horloge de haute précision de la technologie par satellite. Le premier système GPS a été mis au point par le département de la Défense des États-Unis. Sans GPS fournissant l'heure synchronisée, il est difficile de surveiller l'ensemble de la grille en même temps. [31]

2.5 WAMS

2.5.1 Définition

SmartWAMs est un système de surveillance à grande échelle qui collecte, traite et affiche les données du synchrophaseur sur la base de la technologie de l'unité de mesure du phasor afin de surveiller de manière fiable et en temps voulu les systèmes d'alimentation à grande échelle. SmartWAMS peut être déployé indépendamment du système SCADA pour assister le système SCADA dans la surveillance, l'exploitation, le calcul et l'analyse hors ligne. [37]

2.5.2 Le processus de WAMS

Un processus WAMS comprend trois sous-processus reliés entre eux [38]: acquisition, transmission et traitement de données. Les systèmes de mesure (SPMS) et des systèmes de communication (SCADA) ainsi que des systèmes de gestion de l'énergie effectuent ces sous processus, respectivement.

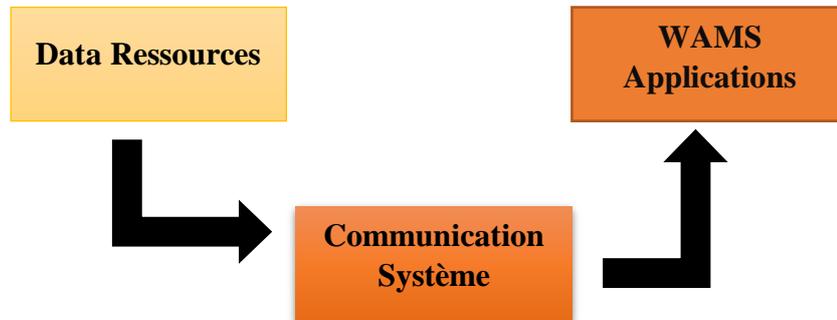


Figure 2.7 : WAMS Processus dans les systèmes d'énergies

Une inspection des faits mentionnés dans la Figure 2.7 indique que les données elles-mêmes sont l'exigence fondamentale pour exécuter des fonctions WAMS. Il peut également être conclu que chaque sous-processus a des responsabilités et des tâches différentes qui doivent être effectuées sur les données du système. Par conséquent, les sous-processus principaux WAMS devraient être étudiés du point de vue des données. [38]

2.5.3 Ressources des données de WAMS

Les données opérationnelles incluent les mesures instantanées des tensions, des courants, des phaseurs et des états de disjoncteur mesurés par des dispositifs intelligents. Ces données sont transmises en permanence au centre de contrôle via des systèmes de communication. Parfois, ils peuvent être utilisés localement pour la prise de décision locale.

Les données opérationnelles ont deux des ressources : Contrôle de supervision et d'acquisition de données (SCADA) et Synchronise phaseurs Système de mesure (SPMS).

2.5.3.1 Contrôle de surveillance et acquisition de données (SCADA)

SCADA est un nom générique pour un système informatisé, qui est capable de recueillir des données, traitement et l'application des contrôles opérationnels sur de longues distances. Les utilisations typiques de SCADA comprennent la transmission et distribution d'énergie et des systèmes de pipelines [38].

Chapitre 2 : Synchro-Phaseur (PMU)

Dans un système d'alimentation électrique, un système SCADA fournit trois fonctions critiques dans le fonctionnement d'un tel système [38]:

- L'acquisition des données
- Contrôle de supervision
- Affichage d'alarme et de contrôle

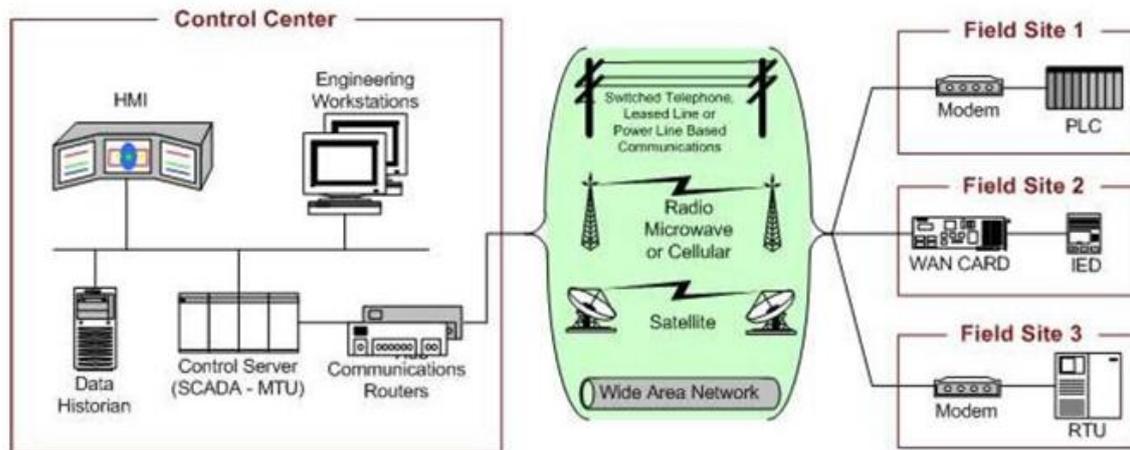


Figure 2.8 : Sous-Système SCADA

2.5.3.2 Système de mesure de phaseur synchronisé (SPMS)

Le système de mesure de phaseur synchronisé (SPMS) a été développé et introduit dans le système d'alimentation au milieu des années 1980. Ces systèmes ont la capacité de mesurer des courants et des tensions et de calculer l'angle entre eux. Cette capacité a été rendue possible par la disponibilité du système de positionnement global (GPS) [38]

SPMS utilise l'heure reçue du GPS comme horloge d'échantillonnage. En plus de mesurer les angles de tensions et de courants, ces systèmes peuvent également mesurer la fréquence locale et les taux de changement de fréquence, et peuvent être personnalisés pour mesurer des harmoniques, des quantités homopolaires et négatives, Un SPMS se compose de trois parties principales : Unité de mesure de phaseurs (PMU), phaseurs Concentrateur de données (PDC) et le système de communication [38]

2.6 Application des PMU et WAMS

2.6.1 Application du PMU

Le PMU a permis à un certain nombre de fonctions la possibilité aujourd'hui de jouer des rôles dans le champ du système d'alimentation. Ci-dessous quelques-unes des principales applications du PMU.

2.6.1.1 *La détection de pannes / la localisation de systèmes électriques*

Un nouveau algorithme numérique présenté pour l'estimation de la localisation des erreurs et la reconnaissance des erreurs basée sur les phaseurs synchronisés. L'algorithme proposé dans cette littérature est basé sur le phaseur synchronisé mesuré à partir des PMU synchronisées installées à deux terminaux des lignes de transmission. [24] Ont suggéré un nouveau algorithme de localisation des défauts basé sur les PMU pour les lignes compensées en série. Traditionnellement, la chute de tension d'un dispositif en série est calculée par le modèle d'appareil dans le localisateur de défauts de lignes en série compensées, mais, dans cette approche, les erreurs sont induites par l'inexactitude du modèle d'appareil en série ou le mode de fonctionnement de l'incertitude du dispositif FACTS en série. L'algorithme proposé n'utilise pas le modèle d'appareil en série et la connaissance du mode de fonctionnement de l'appareil en série pour calculer la chute de tension pendant la période de défaut. Au lieu de cela, l'algorithme proposé utilise un algorithme en deux étapes, une étape de pré-localisation et une étape de correction, pour calculer la chute de tension et la localisation du défaut. [17]

2.6.1.2 *Surveillance de la tension et le contrôle de stabilité*

Des changements dans les conditions sévères du système est suffisant pour changer le système d'exploitation d'une puissance d'un système dynamique [17]. Ces changements affectent les phaseurs de tension, phaseur courant et système la fréquence.

La stabilité de tension a été connue pour être lié à la capacité de charge d'une transmission réseau [17]. Différentes recherches ont montré que magnitude de tension et des angles de phase sont les meilleurs indicateurs de marge de stabilité de la tension.

L'utilisation d'unités de mesures de phaseurs synchronisées (PMUs) pour améliorer la stabilité de la tension, le suivi et le contrôle sont devenus très efficace. Ceci est possible grâce à ce qui suit ces applications :

- Instabilité tension délestage de charge (VILS)
- Surveillance et contrôle large zone de tension de stabilité

Selon l'approche VILS, les PMUs sont utilisés pour surveiller le réseau électrique pour suivre la proximité du système de transmission à sa limite de capacité de charge. Si le système est très proche de cette limite. Le système VILS est ensuite déployé comme la dernière option de sécurité pour éviter l'effondrement du système. Le délestage de la charge se fait dans des blocs prédéfinis qui sont généralement déclenché par étapes en raison de l'entretien programmé, et des perturbations inattendues [17,24]. PMUs fournissent une mesure basée sur la tension en ligne et le contrôle de la stabilité de surveillance qui a la capacité d'améliorer les limites de transfert de puissance et d'accroître la sécurité du fonctionnement du système [17]. Sous la surveillance large zone de tension de stabilité et de système de contrôle informatique sont les outils de simulation utilisés pour aider les opérateurs à surveiller et contrôler la stabilité de la tension du système. Un bon outil utilisé est un programme d'évaluation de la stabilité de tension (VSA) qui repose sur l'état estimateurs pour fournir une solution à l'état stable

2.6.1.3 Estimation d'état

Les PMUs sont devenus particulièrement utile et vital dans l'estimation de l'état du système d'alimentation (SE). Des injections de puissance actives, réactives et des flux sont utilisés dans l'estimation d'état conventionnel des algorithmes pour l'estimation des états du système (amplitude de la tension et l'angle de phase) [17,24]. L'estimation d'état est très important dans la surveillance en temps réel et le contrôle du système d'alimentation parce qu'il traite des mesures redondantes et fournit l'état de fonctionnement en régime permanent d'avance du système de gestion d'énergie (EMS) programmes d'application [17,24]. L'estimation traditionnelle de l'état a certaines limites qui sont les suivantes :

- Il est techniquement difficile et informatiquement plus cher d'estimer l'état probable du système d'alimentation basé sur les paramètres mesurés, tels que la tension, courant, puissance réelle et la puissance réactive.
- L'estimation d'état Traditionnel est généralement résolue en une minute d'intervalle, ce qui signifie que le résultat fourni par l'approche peut être vieux.

Pour surmonter ces difficultés techniques, l'amélioration de la capacité de calcul en même temps que la mesure de phaseur synchronisée unités (PMU) sont déployés pour fournir des mesures de phaseurs synchronisé avec le temps globale de précision d'une microseconde pour des tensions de bus et des courants de ligne [17,24].

Chapitre 2 : Synchro-Phaseur (PMU)

Les PMUs ont la capacité d'améliorer la précision en mesurant les angles de tension directement qui sont les variables d'état à estimer. L'addition de mesures d'angle de phase de tension d'un traditionnelle SE est capable d'augmenter considérablement la précision de SE.

2.6.2 Applications de WAMS

En général, les informations sur toute application du WAMS peuvent être extraites de ses données brutes, qui sont mesurées par ses ressources de données. , les applications WAMS traitent les données brutes mesurées par des ressources de données et extraire des informations utilisables pour l'opérateur du système, les consommateurs et les clients ont classé les applications WAMS dans les trois groupes principaux : la production, la transmission et les applications de distribution. Trois sous-sections suivantes vont décrire ces trois groupes d'applications. [17]

2.6.2.1 Applications générales

Ces applications sont exécutées dans le niveau de génération de la manière dont elles acquièrent et traitent les données des générateurs dans le centre de contrôle. Comme conséquence, des informations de générateur peuvent être obtenues dans le centre de contrôle à la fois.

Dans les applications mentionnées ci-dessus, la surveillance de l'état du générateur (GSM) est l'application GEN plus importante car elle fournit tout une partie de l'information en temps réel des générateurs dans le centre de contrôle. Si les données enregistrées sont transmises au centre de contrôle en temps réel, l'état du générateur peut être contrôlé dans le centre de contrôle. Après avoir introduit les unités de gestion des systèmes d'alimentation, les informations fournies par ces unités peut également être utilisé pour l'application GSM [17]. Ceci a été provoqué par le fait que CGP fournir des données de phaseur en temps réel avec une très grande fréquence d'échantillonnage (jusqu'à 60 échantillons par seconde).

2.6.2.2 Transmission et applications de transmission secondaire

Les applications WAMS modernes dans les systèmes d'alimentation. Certaines de ces applications utilisent uniquement les données phaseurs (par exemple, la plate-forme de données intégrée phaseurs) et quelques peut utiliser les phaseurs et les données classiques, par exemple hybrides SEs.

Certaines applications WAMS modernes sont les suivantes [17] : Plate-forme de données intégrée phaseurs, surveillance large zone dynamique et analyse, Perturbation Synchronized

Chapitre 2 : Synchro-Phaseur (PMU)

Enregistrement et relecture, analyse Oscillation en ligne de basse fréquence, prédiction Power Angle de stabilité et de Inquiétante, et PMU basées sur un état d'estimation. La combinaison de ces applications modernes avec celles conventionnelles forme un EMS moderne dans le centre de contrôle.

2.6.2.3 Applications de distribution

Applications de distribution (DIS): Dans les systèmes de distribution, les applications WAMS sont connues comme des applications d'automatisation. Selon la définition IEEE [17], les systèmes ont été définis comme des systèmes d'automatisation de distribution (DA) qui permettent à une société de distribution de surveiller, coordonner et utiliser des composants de distribution et des équipements à partir d'emplacements à distance en temps réel. Les DA's visent à réduire les coûts, d'améliorer la disponibilité des services et de fournir de meilleurs services aux consommateurs. En général, DA peuvent être classés en trois groupes principaux : l'automatisation des sous-stations, l'automatisation d'alimentation, et l'automatisation côté des consommateurs [17].

2.7 Observabilité

2.7.1 Introduction

Le déploiement de PMU sur chaque bus faciliterait la mesure directe de tous les états du système. Toutefois, cela n'est ni rentable ni faisable en raison du coût d'installation plus élevé des PMUs et des installations de communication limitées disponibles. Il est donc nécessaire de placer les PMUs de façon stratégique sur le réseau électrique. [32]

L'emplacement optimal des PMU est déterminé en minimisant le nombre de PMU nécessaires pour observer pleinement le système.

La méthode proposée a été testée sur l'IEEE14 bus que nous avons choisi afin d'avoir d'emplacement optimal des PMU.

2.7.2 Méthodes d'observabilités

Dans le réseau électrique, si la tension nodale d'un seul bus est souvent mesurée ou calculée directement en exploitant les différentes tensions et courants de dérivation connus, le bus est mis en évidence comme étant observable. Si toutes les zones de bus sont observables dans le réseau, le système de capacité sera défini comme une observabilité totale [33]. Il existe deux stratégies pour évaluer l'observabilité d'un système d'alimentation :

Chapitre 2 : Synchro-Phaseur (PMU)

- Méthodes Numériques : L'observabilité numérique impliquerait peut-être une quantité de calcul démesurée et pourrait simplement être influencée par l'erreur additive. Les méthodes sont Recherche tabou, algorithme génétique et recuit simulé [32]
- Méthodes Topologique : la méthodologie d'observabilité topologique est rapide et raisonnable [33]. Le système d'impact minimum avec au moins un arbre de mesure couvrant l'ensemble du rang est souvent décrit comme observable Topologiquement [34].

2.7.3 Problème de l'emplacement de PMU

La méthode d'observabilité topologique basée sur la formulation de l'emplacement optimal du PMU (OPP) détecte un ensemble minimal de PMU, de sorte qu'un bus doit être atteint au moins une fois par les PMU. Le placement optimal des PMU pour un système de N bus est formulé comme suit :

$$\text{Min } \sum_{k=1}^N W_k X_k \quad (2.1)$$

$$\text{Sujet à } , AX \geq b$$

$$X=[x_1 x_2 \dots \dots x_n]^T \quad (2.2)$$

$$x_i \in \{0,1\} \quad (2.3)$$

Où, N est le nombre total de bus système W_k , le facteur de pondération étant lié au coût de la PMU installée sur le bus k, X est un vecteur de variable binaire dont les entrées sont définies comme étant Eq (2.4) et AX est une fonction vectorielle dont les entrées sont non nulles si la tension de bus correspondante est observable à l'aide du jeu de mesures donné et en fonction de l'observabilité règles mentionnées ci-dessus, il garantit une observabilité totale tout en minimisant le coût total d'installation des PMU, sinon ses entrées sont nulles. [40]

$$X_k = \begin{cases} 1 & \text{si un PMU est installé au bus } i \\ 0 & \text{si non} \end{cases} \quad (2.4)$$

Les entrées en A sont définies comme suit :

$$a_{i,j} = \begin{cases} 1 & \text{si } i = j \text{ ou si } i \text{ et } j \text{ sont connectés} \\ 0 & \text{si non} \end{cases}$$

Et b est un vecteur dont les entrées sont toutes des unités, comme indiqué dans l'équation. (2.5).

Chapitre 2 : Synchro-Phaseur (PMU)

$$b=[11 \dots \dots 1]^T \quad (2.5)$$

La procédure de construction des équations de contrainte sera décrite dans deux cas possibles où il n'existe (1) aucune mesure conventionnelle, (2) des bus à injection nulle. Après avoir obtenu le nombre optimal de PMU, l'expression de la mesure de la redondance est donnée par : [40]

$$\text{Redondance (R)} = \sum_{k=1}^P \text{Sum}(A_{L(k)}) \quad (2.6)$$

Où, **P** est le nombre total optimal de PMU, **A** la matrice de connectivité et **L** l'emplacement des PMU sur les bus du système d'alimentation. L'équation (2.6) donne la mesure de la redondance pour tous les résultats possibles de la localisation optimale des PMU. [40]

2.7.4 Zéro Injection Buses (ZIB)

Les systèmes d'alimentation contiennent toujours certains bus auxquels ni génération ni charge ne sont connectées sont appelés bus à zéro injection (ZIB) [39]

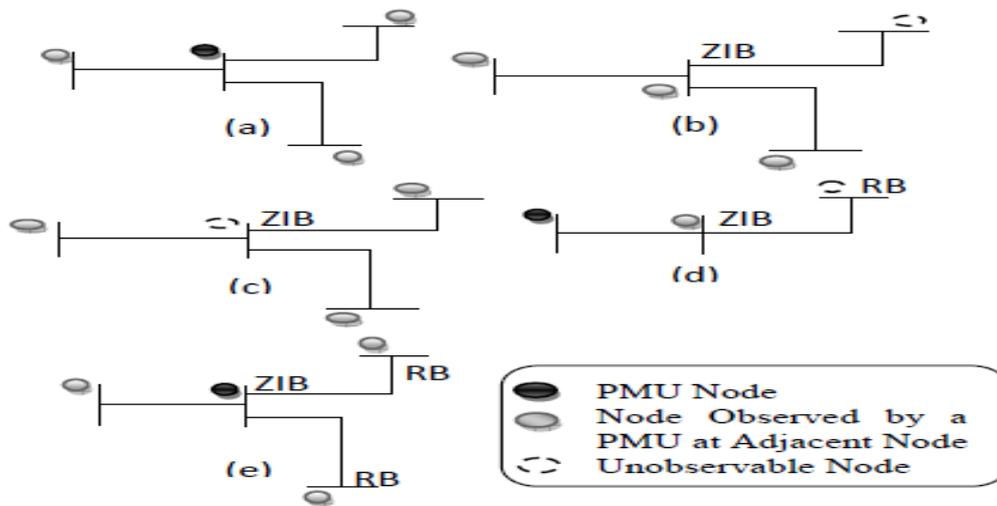


Figure 2.9 : Observabilité topologique du système d'alimentation à l'aide de l'emplacement du PMU

- ✚ L'emplacement d'une PMU sur un bus observe ce bus ainsi que tous les autres bus qui y sont directement connectés, comme le montre la Fig. 2.9 (a).
- ✚ Si un ZIB observable est entouré de tous les bus observables sauf un, le bus non observable peut être observé .Fig 2.9 (b)
- ✚ Si une ZIB non observée est entourée de tous les bus observables, elle peut être rendue observable .Fig 2.9(c)

- ✚ Si un bus radial est connecté à un ZIB, il n'est pas nécessaire de placer une PMU sur le ZIB adjacent à ce bus. Fig 2.9 (d)
- ✚ Si deux bus radiaux ou plus sont connectés au même ZIB, comme indiqué à la Fig. 2.9 (e), une PMU doit être placée sur le ZIB pour observer tous les bus radiaux qui lui sont connectés. [39]

2.7.5 Concept d'observabilité complet et incomplet

Un réseau électrique est tout à fait observable si le nombre et l'emplacement des PMU sont suffisants pour déterminer les tensions de tous les bus de système [25]. Un exemple de scénario complet d'observabilité est illustré sur la figure 2.10

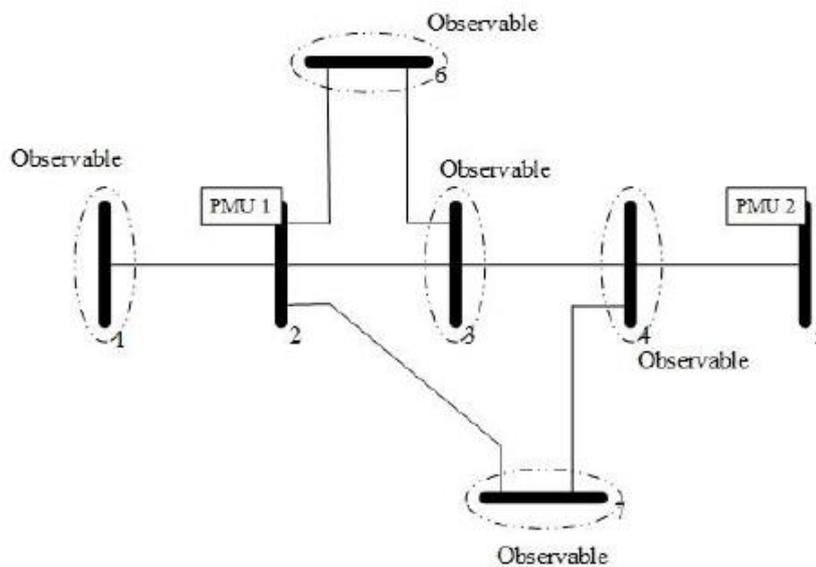


Figure 2.10 : L'observabilité complète

Un bus est observable si la tension du nœud peut être directement calculé en fonctions des tensions et courants des nœuds connues de dérivation d'autre bus [25] comme on peut le voir à partir de la figure 2.10, les tensions de nœuds et les courants de dérivation du bus 2 et 5 peuvent être mesuré par le PMU 1 et 2 respectivement. Ainsi le bus 2 rend les bus 1, 3, 6 et 7 observable, tandis que le bus 4 est observable grâce à sa connexion directe au bus 5.

Chapitre 2 : Synchro-Phaseur (PMU)

Le PMU 1 observe le bus 1,2 et 3 a cause de la connexion direct aux PMU, le PMU2 qui est placé sur le bus 4 observe 3,5 et 4 à cause de la connexion directe aux PMU mais les bus 6 et 7 ne sont pas observés car il n'y a pas de connexion avec les PMU [25] figure 2.11

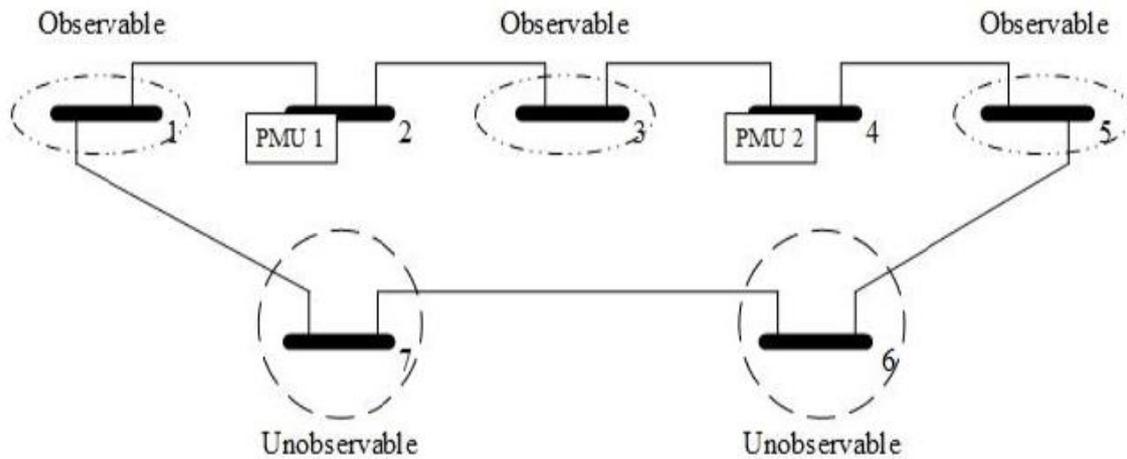


Figure 2.11 : L'observabilité incomplète

2.7.6 Les règles d'observabilité

Pour les PMU connectées dans des bus, le phaseur de tension et le phaseur de courant de toutes ses branches incidentes sont connues. Celles-ci sont appelées «mesures directes» [36].

La figure 2.12 montre que l'PMU placée dans le bus 02 est appelée processus mesuré directement. Pendant ce temps, les courants de branche connectés au nœud sont également mesurés par le PMU. Dans le premier cas, les paramètres bien connus mesurés par PMU sont V_2 , $I_1, 2$, $I_2,3$ et $I_2,4$ et donc les caractéristiques du conducteur sont :

$$\text{+} \quad V_3 = V_2 - I_{23} (R_{23} + j X_{23})$$

$$\text{+} \quad V_4 = V_2 - I_{24} (R_{24} + j X_{24})$$

$$\text{+} \quad V_1 = V_2 + I_{12} (R_{12} + j X_{12})$$

Chapitre 2 : Synchro-Phaseur (PMU)

La zone observée par la PMU sur un bus est décrite à la figure 2.12.

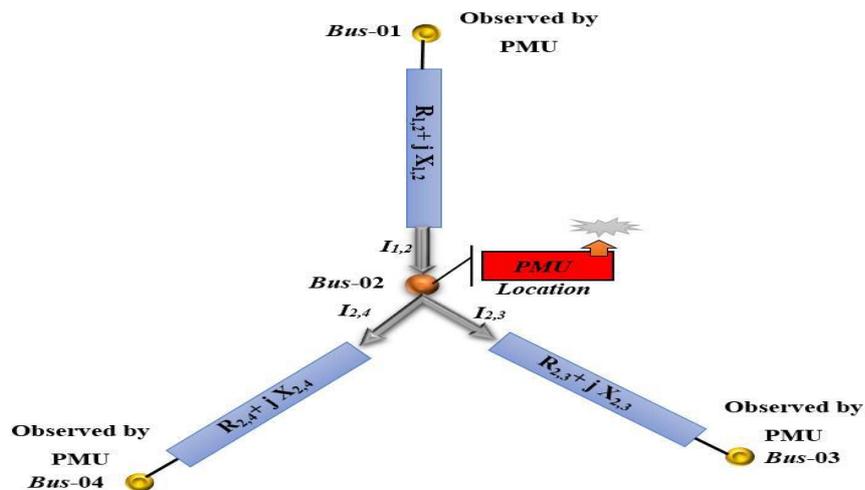


Figure 2.12 : Les règles d'observabilités

2.7.7 IEEE 14 bus

Nous avons choisis un réseau IEEE 14 bus montré dans la Figure 2.13 contient :

- 5 générateurs.
- 4 transformateurs.
- 14 jeux de barres.
- 11 charges statiques.

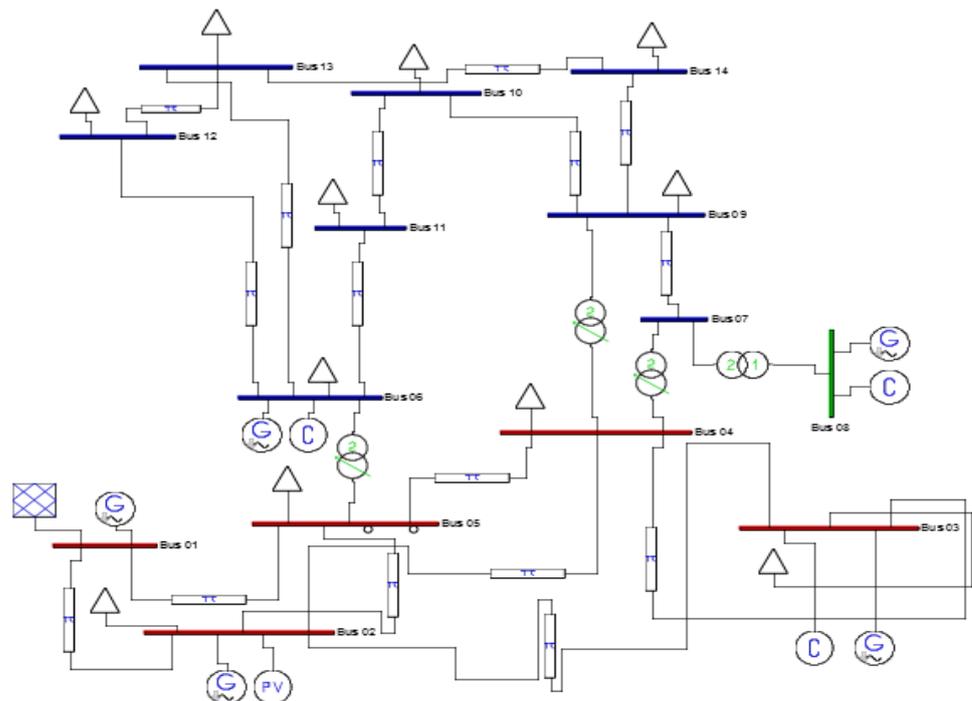


Figure 2.13 : IEEE14 bus système

Chapitre 2 : Synchro-Phaseur (PMU)

Le système à l'étude est le système à 14 bus IEEE. Il dispose de cinq machines synchrones, dont trois à condensateurs synchrones utilisés pour le support de puissance réactive et vingt branches. Le nœud 7 est appelé nœud de transit pur ; nous l'appelons également aucun nœud de charge. Il n'y a pas de charges pour consommer la puissance, pas de générateurs pour injecter la puissance non plus. La puissance injectée par le nœud 8 et le nœud 4 se transmet complètement au nœud 9 c'est pourquoi il est nommé nœud de transit pur. Selon la règle de placement PMU (4), pour node7, tant que deux branches actuelles sont connues. [40]

Ce système de test de puissance contient un zéro injection bus (ZIB) situés sur le bus 7. [40]

	Radial Buse	Zéro injection bus
Nombre de Bus	1	1

Tableau 2.1 : Radial et zéro injection buses sur notre système

Le tableau 2.2 nous montre où on doit placer les PMU sur les bus de notre système pour l'observabilité des bus radiaux [40]

	L'emplacement obligatoire des PMU
N° de bus	None

Tableau 2.2 : Emplacements PMU pré-affectés

Dans le tableau suivant on montre les différents emplacements optimaux des PMU [40]

Système	Nombre des PMU	Numéro de Bus	
IEEE-14	5	2, 6, 8,9	2, 6, 7,8 ;
		2, 7, 10,13	2, 7, 11,13
		2, 8, 10,13	

Tableau 2.3 : Les différents emplacements optimaux des PMU

Chapitre 2 : Synchro-Phaseur (PMU)

On a pris les emplacements des pmu de notre travaille par [42], on a choisi 4 pmu placer sur 4 nœud pour avoir une bonne lecture à notre réseaux comme un l'emplacement optimal des PMU

Les nœuds sont : 2, 6, 8,9

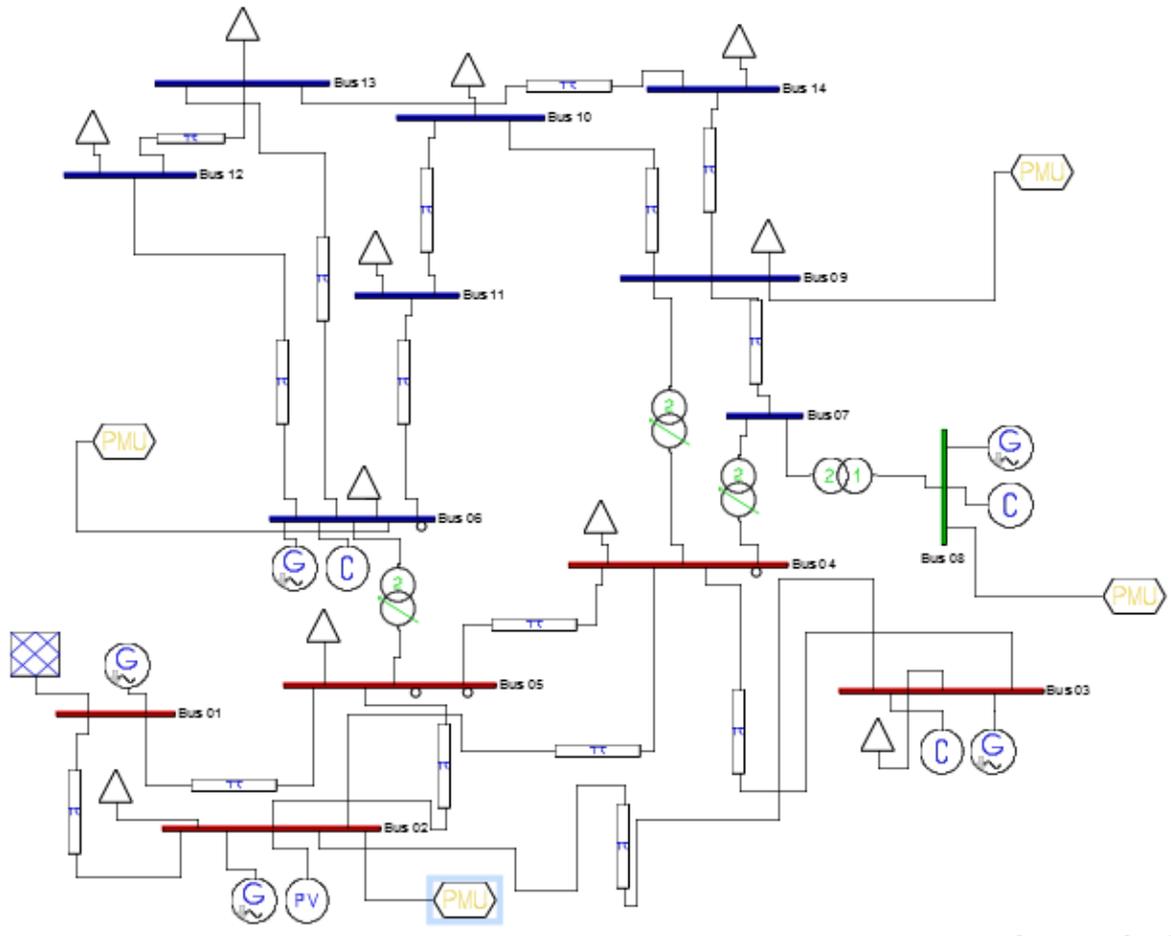


Figure 2.14 : L'emplacement des PMU sur IEEE14 nœud

2.8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fourni un aperçu détaillé de l'évolution et du développement d'un dispositif de PMU. Un aperçu historique de la technologie PMU est présenté et son application, tant pour l'estimation de l'état que pour la détection des pannes, est discutée en détail.

Nous pouvons en conclure que les grands opérateurs de réseaux électriques à travers le monde croient que le système WAMS est une partie essentielle du fonctionnement de système d'alimentation et de contrôle et que les PMU constituent l'avenir pour un bon contrôle, une meilleure surveillance et protection dans le réseau électrique.

Nous avons aussi détaillé l'emplacement optimal des PMU sur un réseau d'IEEE14 bus. Nous avons également détaillé l'emplacement optimal afin d'avoir une bonne lecture à notre réseaux avec un minimum de PMU pour minimiser le coût élevé de cet appareil.

Chapitre 3

Les Méthodes d'apprentissage

3.1 Introduction :

Le rêve de créer une machine dotée d'une forme d'intelligence est présent depuis longtemps dans l'imagination humaine. Alors comment l'homme fait-il pour raisonner, calculer, parler, apprendre, C'est ces questions-là qui mènent les chercheurs à essayer de comprendre le fonctionnement du cerveau de résolution de problèmes dans le monde informatique.

L'intelligence artificiel a apparue et ne cesse de progresser, il existe de nombreux programmes capables de diriger un robot, résoudre des problèmes etc...Néanmoins ils ne sont pas capables de rivaliser avec un cerveau humain, outre la capacité de calcul incroyable des ordinateurs, mais ces derniers n'ont pas la faculté d'apprendre, ils ne progressent pas si personne ne les modifie. Voilà ce à quoi les chercheurs ont essayé de remédier.

Avec l'avancé dans le domaine de la neurobiologie concernant le fonctionnement du cerveau et des neurones, des mathématiciens ont essayé de modéliser le fonctionnement du cerveau en intégrant ces connaissances en biologie dans des programmes informatiques pour leur donner la possibilité d'apprendre : c'est la naissance des réseaux de neurones.

3.2 Historique :

W. James (1890, psychologue américain): Introduit le concept de mémoire associative et propose une loi de fonctionnement pour l'apprentissage des réseaux de neurones connue plus tard sous le nom de "loi de Hebb".

J. Mc Culloch et W. Pitts (1943) : Laissent leurs noms à une modélisation du neurone biologique (un neurone au comportement binaire). Ils sont les premiers à montrer que des réseaux de neurones simples peuvent réaliser des fonctions logiques, arithmétiques et symboliques.

D. Hebb (1949, physiologiste américain) : Explique le conditionnement chez l'animal par les propriétés des neurones eux-mêmes (ex. : le fameux comportement pavlovien).Il propose aussi une loi de modification des propriétés des connexions entre neurones.

F. Rosenblatt (1957): Développe le modèle du Perceptron. Il construit le premier neuro-ordinateur basé sur ce modèle et l'applique au domaine de la reconnaissance des formes (prouesse technologique pour l'époque).

Chapitre 3 : Les Méthodes D'apprentissages

B. Widrow (1960, automaticien) : Développe le modèle Adaline (Adaptive Linear Element), proche du modèle du Perceptron mais dont la loi d'apprentissage est différente. Celle-ci est à l'origine de l'algorithme de rétro-propagation du gradient très utilisé pour l'apprentissage des Perceptrons multicouches.

1967-1982 : Période creuse pour les réseaux de neurones artificiels. Les recherches s'orientent sur des domaines connexes tels que le traitement adaptatif du signal, la neurobiologie, la reconnaissance de formes, etc.

J. J. Hopfield (1982, physicien) : Profite d'une certaine désillusion de l'intelligence artificielle (heurtée à de sérieuses limitations) et présente une théorie du fonctionnement et des possibilités des réseaux de neurones. Il explique notamment dans un ouvrage la structure et loi d'apprentissage d'un réseau de neurones correspondant à un résultat escompté. Ce modèle est encore très utilisé aujourd'hui pour des problèmes d'optimisation.

1983 : La machine de Boltzmann est le premier modèle connu capable de traiter de manière satisfaisante les limitations recensées du Perceptron. Mais l'utilisation pratique s'avère difficile, les temps de convergence étant considérables.

1985 : L'algorithme de rétro-propagation de gradient est développé. Il s'agit d'un algorithme d'apprentissage adapté aux réseaux de neurones multicouches.

M. Minsky et S. Papert (1969) : Publient un livre qui met en évidence les limitations du Perceptron, notamment l'impossibilité de résoudre des problèmes non linéaires. Après leur ouvrage, les financements des recherches sur les réseaux de neurones artificiels s'arrêtent et les chercheurs se tournent vers l'intelligence artificielle et les systèmes à base de règles.

Actuellement: Les réseaux multicouches et la rétro-propagation du gradient restent les plus étudiés et les plus productifs au niveau des applications[41]

3.3 Neurones Biologique :

Le système nerveux compte plus de 1000 milliards de neurones interconnectés. Les neurones ne sont pas tous identiques, ni dans leurs formes ni dans leurs caractéristiques. En effet, les neurones n'ont pas tous un comportement similaire en fonction de leur position dans le cerveau [27]. La figure 3.1 montre le schéma d'un neurone biologique.

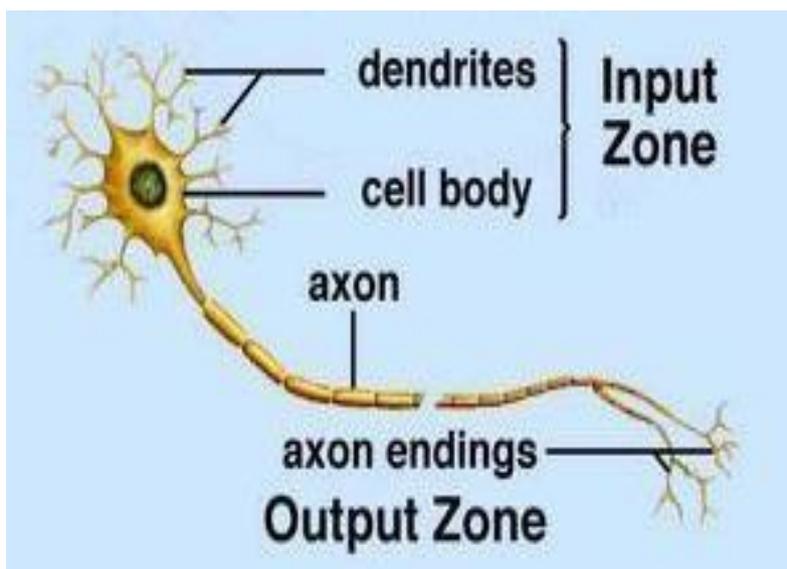


Figure 3.1 : neurones biologique

3.4 Principe de fonctionnement :

L'information ne se transmet que dans un seul sens : des dendrites vers l'axone. Le neurone va donc recevoir des informations, venant d'autres neurones, grâce à ses dendrites. Il va ensuite y avoir une sommation, au niveau du corps cellulaire, de toutes ces informations et via un signal électrique. Le résultat de l'analyse va transiter le long de l'axone jusqu'aux terminaisons synaptiques. Il va y avoir libération des neurotransmetteurs (médiateurs chimiques) dans la fente synaptique. Le signal électrique ne pouvant pas passer la synapse, les neurotransmetteurs permettent donc le passage des informations, d'un neurone à un autre. Les neurotransmetteurs excitent ou inhibent le neurone suivant et peuvent ainsi générer ou interdire la propagation d'un nouvel influx nerveux. Les synapses possèdent une sorte de «mémoire» qui leur permet d'ajuster leur fonctionnement. En fonction de leur «histoire», c'est-à-dire de leur activation répétée ou non entre deux neurones, les connexions synaptiques vont se modifier : mécanisme d'apprentissage.

3.4.1 Qu'est-ce qu'un réseau de neurones ?

Tout d'abord, ce que l'on désigne habituellement par réseau de neurones. Est en fait un réseau de neurones artificiels basé sur un modèle simplifié de neurone. Ce modèle permet certaines fonctions du cerveau, comme la mémorisation associative,

L'apprentissage par l'exemple, le travail en parallèle, mais le neurone artificiel est loin de posséder toutes les capacités du neurone biologique. Les réseaux de neurones biologiques sont ainsi beaucoup plus compliqués que les modèles mathématiques et informatiques.

Chapitre 3 : Les Méthodes D'apprentissages

Il n'y a pas de définition universellement acceptée de « réseau de neurones ». On considère généralement qu'un réseau de neurones est constitué d'un grand ensemble d'unités (ou neurones), ayant chacune une petite mémoire locale. Ces unités sont reliées par des canaux de communication (les connexions, aussi appelées synapses d'après le terme biologique correspondant), qui transportent des données numériques. Les unités peuvent uniquement agir sur leurs données locales et sur les entrées qu'elles reçoivent par leurs connexions.

Certains réseaux de neurones sont des modèles de réseaux biologiques, mais d'autres ne le sont pas. Historiquement l'inspiration pour les réseaux de neurones provient cependant de la volonté de créer des systèmes artificiels sophistiqués, voire intelligents, capables d'effectuer des opérations semblables à celles que le cerveau humain effectue de manière routinière, et d'essayer par-là d'améliorer la compréhension du cerveau.

La plupart des réseaux de neurones ont une certaine capacité d'apprentissage, cela signifie qu'ils apprennent à partir d'exemples. Le réseau peut ensuite dans une certaine mesure être capable de généraliser, c'est-à-dire de produire des résultats corrects sur des nouveaux cas qui ne lui avaient pas été présentés au cours de l'apprentissage.

3.4.2 Le modèle mathématique :

Par analogie avec le neurone biologique, chaque neurone artificiel est un processeur élémentaire. Il reçoit un nombre variable d'entrées en provenance de neurones en amont. A chacune de ces entrées est associé un poids w , abréviation du mot poids (weight en anglais), représentatif de la force de la connexion. Chaque processeur élémentaire est doté d'une sortie unique qui se ramifie ensuite pour alimenter un nombre variable de neurones en aval comme montré sur la figure 3.2.

A chaque connexion est associé un poids [42][43].

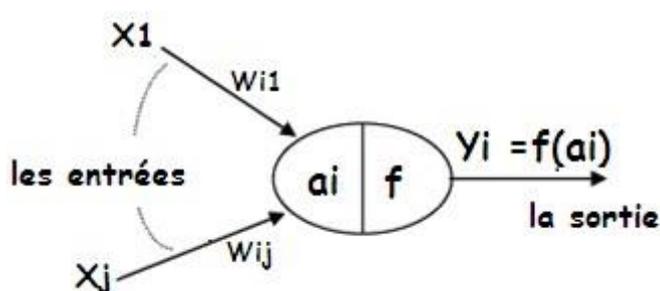


Figure.3.2 : Neurone formel.

Le comportement du neurone artificiel se compose de deux phases :

Chapitre 3 : Les Méthodes D'apprentissages

La première phase représente le prétraitement des données reçues en calculant la somme pondérée des entrées selon l'expression suivante :

$$a_i = \sum_j w_{ij}x_j \quad 3.2$$

Dans la deuxième phase, une fonction de transfert calcule la valeur de l'état interne du neurone. C'est cette valeur qui sera transmise aux neurones en aval. Plusieurs possibilités existent pour spécifier la nature de la fonction d'activation du modèle. Les fonctions mathématiques les plus souvent utilisées tel que les fonctions linéaires, sigmoïdes et gaussiennes sont schématisées sur la Figure 3.3. A la différence des neurones biologiques dont l'état est binaire, la plupart des fonctions de transfert sont continués, offrant une infinité de valeurs possibles comprises dans l'intervalle $[0, +1]$ ou $[-1, +1]$. Ainsi, le neurone peut être défini mathématiquement comme étant une fonction algébrique, a priori non linéaire (suivant la fonction d'activation f) et bornée, avec des entrées x et paramétrée par les poids.

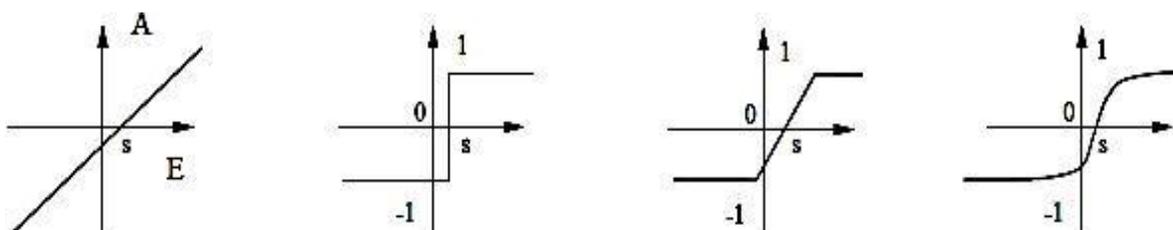


Figure 3.3 : Quelques types de fonctions d'activation pour les RNA

3.5 Quelques réseaux célèbres

Il y a de très nombreuses sortes de réseaux de neurones actuellement. Personne ne sait exactement combien. De nouveaux réseaux (ou du moins des variations de réseaux plus anciens) sont inventés chaque semaine. On en présente ici de très classiques [44].

3.5.1 Le perceptron

C'est l'un des premiers réseaux de neurones, conçu en 1958 par *Rosenblatt*. Il est linéaire et monocouche. Il est inspiré du système visuel. La première couche (d'entrée) représente la rétine. Les neurones de la couche suivante (unique, d'où le qualificatif de monocouche) sont les cellules d'association, et la couche finale les cellules de décision. Les sorties des neurones ne peuvent prendre que deux états (-1 et 1 ou 0 et 1). Seuls les poids des liaisons entre la couche d'association et la couche finale peuvent être modifiés. La règle de modification des poids utilisée est la règle de

Chapitre 3 : Les Méthodes D'apprentissages

Widrow-Hoff : si la sortie du réseau (donc celle d'une cellule de décision) est égale à la sortie désirée, le poids de la connexion entre ce neurone et le neurone d'association qui lui est connecté n'est pas modifié.

3.5.2 Les perceptrons multicouches (PMC)

Ils sont une amélioration du perceptron comprenant une ou plusieurs couches intermédiaires dites couches cachées, dans le sens où elles n'ont qu'une utilité intrinsèque pour le réseau de neurones et pas de contact direct avec l'extérieur. Chaque neurone n'est relié qu'aux neurones des couches directement précédente et suivante, mais à tous les neurones de ces couches (voir figure 3.4).

Les PMC utilisent, pour modifier leurs poids, un algorithme d'apprentissage, il existe une centaine mais le plus populaire est la rétropropagation du gradient, qui est une généralisation de la règle de *Widrow-Hoff*. Il s'agit toujours de minimiser l'erreur quadratique, on propage la modification des poids de la couche de sortie jusqu'à la couche d'entrée, donc cet algorithme passe par deux phases :

- Les entrées sont propagées de couche en couche jusqu'à la couche de sortie.
- Si la sortie du PMC est différente de la sortie désirée alors l'erreur est propagée de la couche de sortie vers la couche d'entrée en modifiant les poids durant cette propagation.

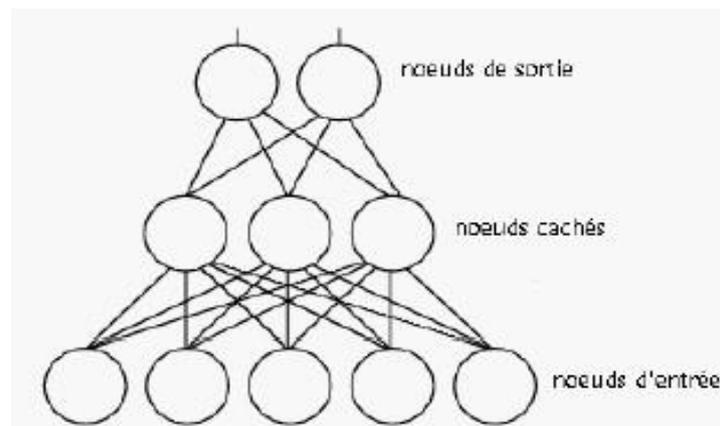


Figure 3.4 : schéma d'un perceptron multicouche

Chapitre 3 : Les Méthodes D'apprentissages

3.5.3 Les réseaux de RBF (Radial Basis Fonction)

Le réseau RBF est un réseau de neurones supervisé. Il s'agit d'une spécialisation d'un PMC. Un RBF est constitué uniquement de 3 couches (voir figure 3.5)

- La couche d'entrée : elle retransmet les entrées sans distorsion.
- La couche RBF : couche cachée qui contient les neurones RBF.
- La couche de sortie : simple couche qui contient une fonction linéaire.

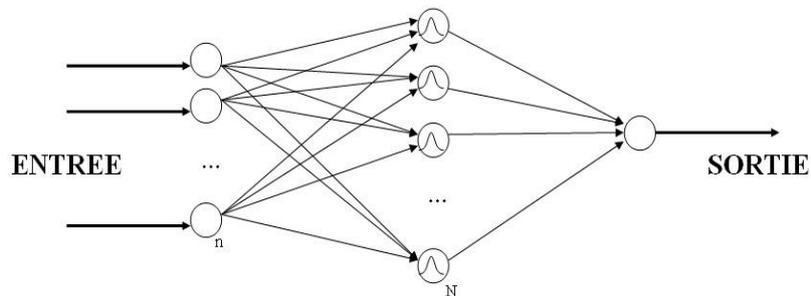


Figure 3.5 : schéma d'un RBF

Chaque neurone RBF contient une gaussienne qui est centrée sur un point de l'espace d'entrée. Pour une entrée donnée, la sortie du neurone RBF est la hauteur de la gaussienne en ce point. La fonction gaussienne permet aux neurones de ne répondre qu'à une petite région de l'espace d'entrée, région sur laquelle la gaussienne est centrée. Donc il y a quatre paramètres principaux à régler dans un réseau RBF.

- Le nombre de neurones RBF (nombre de neurones dans l'unique couche cachée).
- La position des centres des gaussiennes de chacun des neurones.
- La largeur de ces gaussiennes.
- Le poids des connexions entre les neurones RBF et le(s) neurone(s) de sortie.

3.6 Architecture du RNA

Notre RNA est construit pour les trois étapes d'analyse des défauts avec une structure de trois couches :

Chapitre 3 : Les Méthodes D'apprentissages

- Une couche d'entrée contenant 4 neurones qui sont des modules et les phases des tensions et des courants des deux extrémités de la ligne protégé
- Une couche cachée contenant le nombre de neurones nécessaires pour satisfaire le critère de la construction incrémentale, que nous détaillons par la suite.
- Une couche de sortie contenant trois neurones linéaires étapes de rendement pour les trois étapes de diagnostic

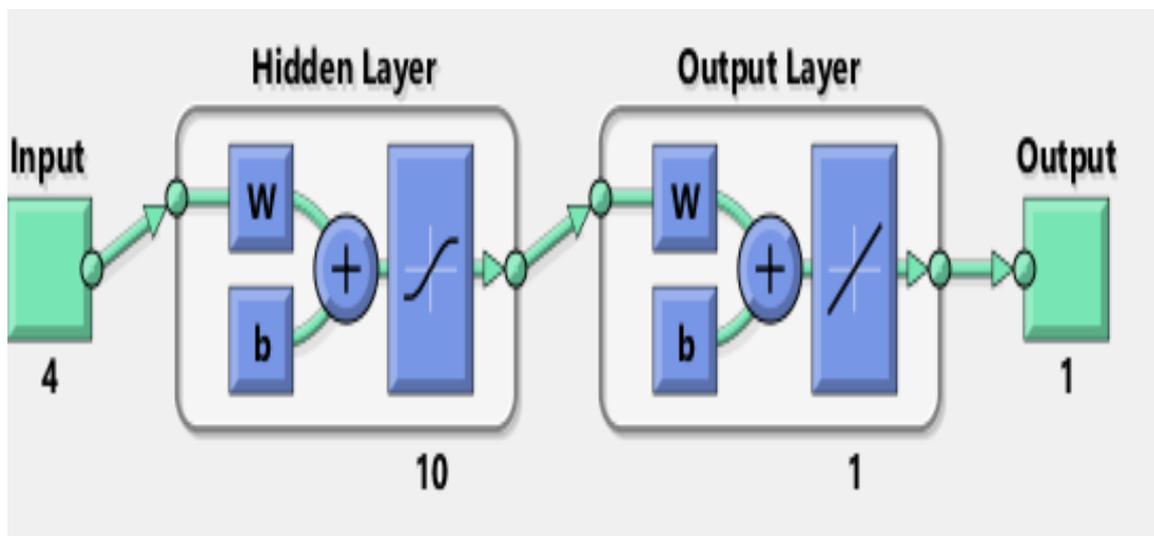


Figure 3.6 L'architecture du RNA (4 10 1)

Chapitre 3 : Les Méthodes D'apprentissages

On doit être notée que le nombre d'itérations exigées pour le processus d'apprentissage étaient 1000 itérations, et que l'erreur quadratique moyenne réalisée à la fin du processus d'apprentissage

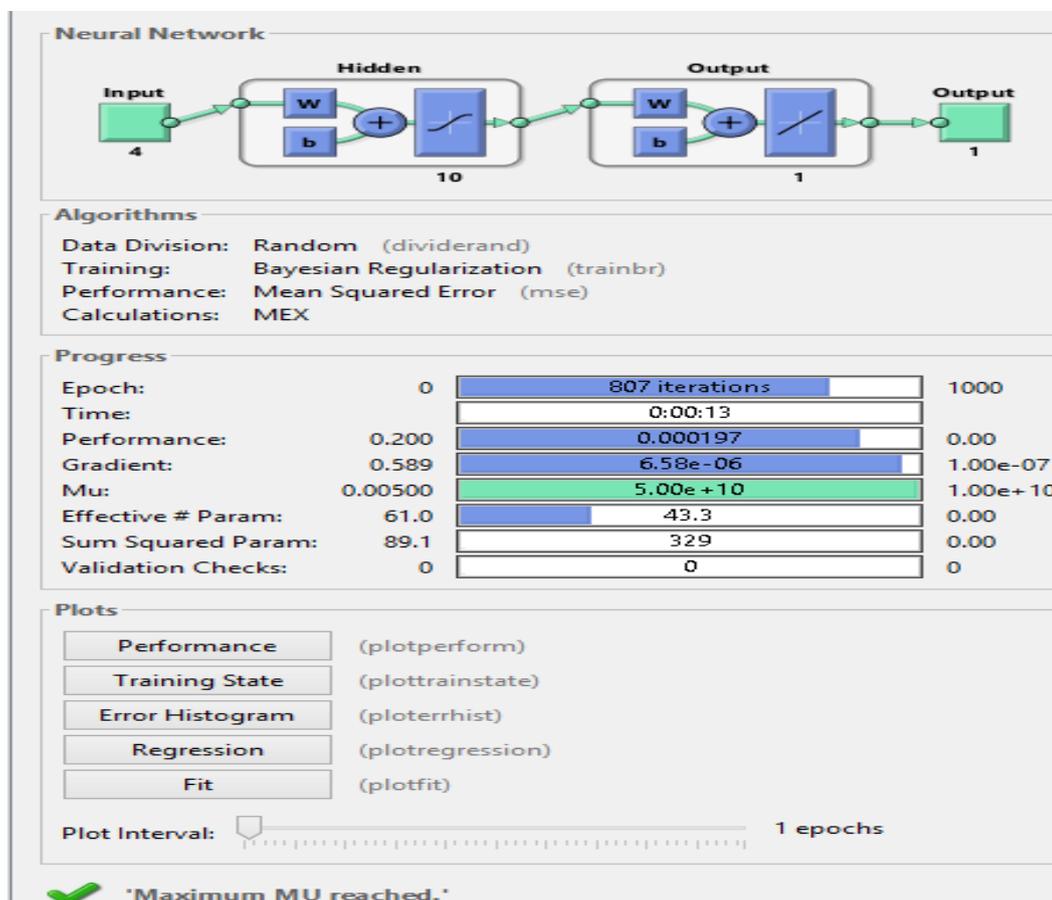


Figure 3.7 : Vue générale d'ensemble du RNA (4 10 1)

La figure 3.7 montre les performances d'apprentissage en termes d'erreur quadratique du réseau neurologique (4-10-1) pour les trois étapes d'apprentissage (entraînement, validation et test).

3.7 Apprentissage supervisé et non supervisé

Une caractéristique des réseaux de neurones est leur capacité à apprendre (à reconnaître une lettre, un son...). Mais cette connaissance n'est pas acquise dès le départ. La plupart des réseaux de neurones apprennent par l'exemple en suivant un algorithme d'apprentissage. Il y a deux algorithmes principaux : l'apprentissage supervisé et l'apprentissage non supervisé.

Lors d'un apprentissage supervisé, les classes sont prédéterminées et les exemples connus, le système apprend à classer selon un modèle de classement, c.-à-d. : on dispose d'un comportement de référence précis que l'on désire faire apprendre au réseau.

Chapitre 3 : Les Méthodes D'apprentissages

L'apprentissage doit mesurer l'écart entre le comportement du réseau et celui de référence et ajuster les poids synaptiques du réseau de façon à réduire cet écart.

Lors d'un apprentissage non supervisé, on ne fournit pas au réseau les sorties que l'on désire obtenir. On le laisse évoluer librement jusqu'à ce qu'il se stabilise.

3.8 Utilisation des réseaux de neurones

Se trouvant à l'intersection de différents domaines (informatique, électronique robotique, science cognitive, neurobiologie et même philosophie), l'étude des réseaux de neurones est une voie prometteuse de l'Intelligence Artificielle (IA) en tant que système capable d'apprendre, mettent en œuvre le principe de l'induction, c-à-d l'apprentissage par expérience et grâce à leur capacité de classification et de généralisation, ils servent aujourd'hui à toutes sortes d'applications et dans de nombreux domaines.

3.9 Les méthodes utilisées dans notre travail

- **Neural net fitting** : On neural fitting, on vaut le réseau de neurones à cartographier entre un ensemble de données et des entrées numérique et un ensemble de cibles numériques
- **Neural clustering** : Dans les problèmes de clustering, vous souhaitez qu'un réseau de neurones regroupe les données par similarité

3.10 Avantages et inconvénients

Avantages

- Classifieur très précis (si bien paramétré).
- Apprentissage automatique des poids.
- Possibilité de faire le parallélisme (les éléments de chaque couche peuvent fonctionner en parallèle).
- Résistance aux pannes (si un neurone ne fonctionne plus, le réseau ne se perturbe pas).

Inconvénients

- Détermination de l'architecture du réseau est complexe. □ Paramètres difficiles à interpréter (boite noire).

- Difficulté de paramétrage surtout pour le nombre de neurone dans la couche cachée.

3.11 Séparateur a vaste marge :

Les Support Vector Machines souvent traduit par l'appellation de Séparateur à Vaste Marge (SVM) sont une classe d'algorithmes d'apprentissages supervisés destinées à résoudre des problèmes de classification. Les machines à vecteurs supports exploitent les concepts relatifs à la théorie de l'apprentissage statistique et à la théorie des bornes de Vapnik et Chervonenkis. [44]

La justification intuitive de cette méthode d'apprentissage est la suivante : si l'échantillon d'apprentissage est linéairement séparable, il semble naturel de séparer parfaitement les éléments des deux classes de telle sorte qu'ils soient le plus loin possibles de la frontière choisie. Ces fameuses machines ont été inventées en 1992 par Boser, mais leur dénomination par SVM n'est apparue qu'en 1995 avec Cortes. Depuis lors, de nombreux développements ont été réalisés pour proposer des variantes traitant le cas non-linéaire. Le succès de cette méthode est justifié par les solides bases théoriques qui la soutiennent. Elles permettent d'aborder des problèmes très divers dont la classification. [44]

SVM est une méthode particulièrement bien adaptée pour traiter des données de très haute dimension.

3.11.1 Principe de la technique SVM

Le principe de base des SVM consiste de ramener le problème de la discrimination à celui, linéaire, de la recherche d'un hyperplan optimal. Deux idées ou astuces permettent d'atteindre cet objectif.

La première consiste à définir l'hyperplan comme solution d'un problème d'optimisation sous contraintes dont la fonction objectif ne s'exprime qu'à l'aide de produits scalaires entre vecteurs et dans lequel le nombre de contraintes "actives" ou vecteurs supports contrôle la complexité du modèle [43]. La méthode cherche alors à séparer les exemples positifs des exemples négatifs, en garantissant que la marge entre le plus proche des positifs et des négatifs soit maximal [44]

Le passage à la recherche de surfaces séparatrices non linéaires est obtenu par l'introduction d'une fonction noyau (KERNEL) dans le produit scalaire induisant implicitement d'une

Chapitre 3 : Les Méthodes D'apprentissages

transformation non linéaire des données vers un espace intermédiaire (feature space) de plus grande dimension.

❖ Cas linéairement séparable

Etant donné un ensemble de points d'apprentissage $\{x_i, y_i\}$ $i = 1$ où chaque x_i appartient à \mathbb{R}^d et y_i à $\{-1, 1\}$, y_i définissant la classe d'un exemple donné, l'objectif des SVM est de trouver un hyperplan permettant de séparer l'ensemble d'apprentissage de sorte que tous les points d'une même classe soient d'un même côté de l'hyperplan.

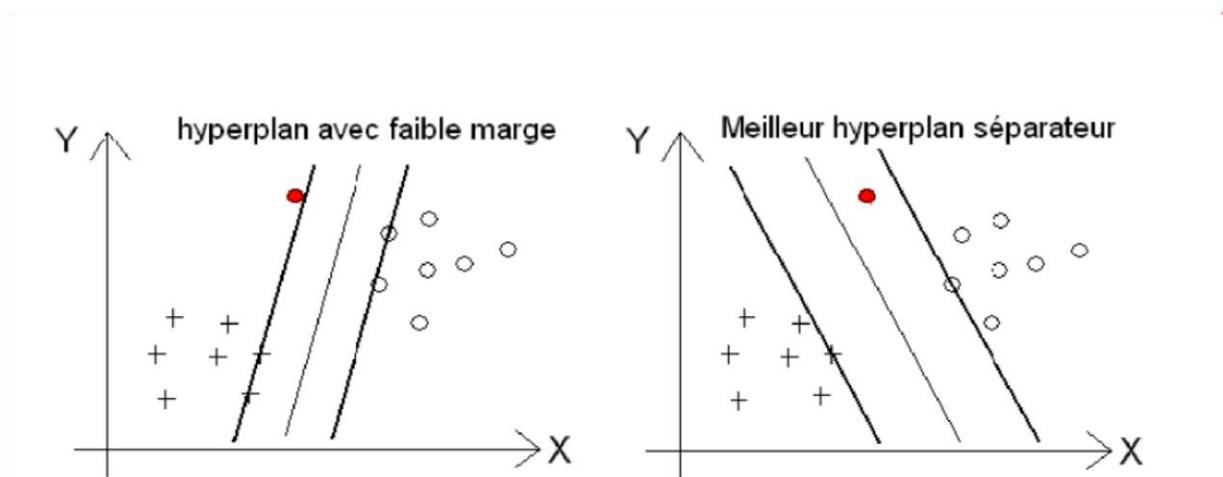


Figure 3.8: hyperplan faible marge et optimale

❖ Cas non séparables

Dans le cas où l'ensemble d'apprentissage n'est pas séparable, le domaine du problème d'optimisation comme défini à l'équation (1) est vide et il n'admet donc pas de solution. Ainsi, pour traiter ce cas, il est nécessaire d'introduire des variables de relâchement au niveau des contraintes, et le problème devient :

$$\min_{w,b,\xi} \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^{\ell} \xi_i^2 \quad (3.9)$$

$$\text{Tq } y_i \mathcal{F}(x) \geq 1 - \xi_i \quad i=1 \dots \ell \quad (3.10)$$

Où ξ_i est la variable de relâchement d'une contrainte et C un coefficient de pénalisation du relâchement. Le traitement de ce problème se fait de manière simple en montrant que l'ajout de la pénalisation quadratique des points mal classés équivaut à traiter le cas séparable en remplaçant $K(x_i, x_j)$ par [45] :

$$K \langle x_i, x_j \rangle + \frac{1}{C} \delta_{i,j} \quad (3.11)$$

Où δ_i est le symbole de Kronecker. Notons que la pénalisation quadratique peut être remplacée par une pénalisation linéaire.

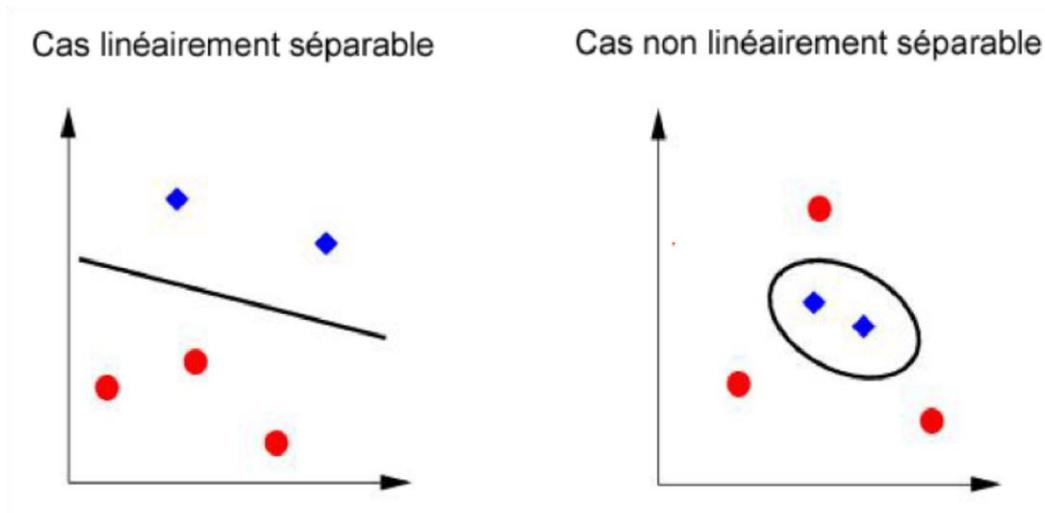


Figure 3.9 : Les SVM linéairement séparable et non linéairement séparable

3.11.2 Les Avantages et les inconvénients des SVM

3.11.2.1 Les Avantages

- Les SVM permettent de traiter des données de très grande dimension
- Facile à manipuler et présentent de bon comportement en prédiction.
- Décision rapide. La classification d'un nouvel exemple consiste à voir le signe de la fonction de décision $f(x)$ [46].

3.11.2.2 Les inconvénients

- Temps de calcul élevé lors d'une régularisation des paramètres de la fonction noyau.
- Classification binaire d'où la nécessité d'utiliser l'approche un-contre-un.
 - Calculs matriciel important [46].

3.12 Conclusion

. Dans ce chapitre, nous avons présenté de manière simple une comparaison théorique entre les deux méthodes de classification supervisée RNA et SVM. Cette étude nous a permis de connaître les avantages et les inconvénients de chaque méthode

Chapitre 4

Simulation

4.1 Introduction

Dans les chapitres précédents, nous avons parlé sur des généralités sur les défauts des lignes de transport d'énergie électriques, les systèmes de surveillance a grande surface (WAMS), l'appareille de mesure PMU et aussi comment obtenir l'emplacement optimale des PMU pour une bon détection de défauts dans le réseaux choisi et les méthodes d'apprentissage pour avoir une bonne lecture à notre base de données.

Pour se faire, nous avons simulé le réseau 14 nœuds dans PSAT, nous avons pu obtenir les signaux de tension dans les nœuds contenant des PMU et issue de la simulation dynamique de nos base de données pour un défaut de court-circuit avec le changement de résistance de défaut pour chaque scénario

- Classification : dans cette étude, nous avons utilisé RNA pour classer le défaut de ligne de type Court-Circuit
- Localisation de défaut : dans cette étude, nous avons utilisé la base de données de court-circuit pour localiser le nœud ou a eu lieu le défaut à travers le classifieur RNA

Nous avons utilisé RNA dans notre travail fait partie de toolbox de MATLAB 2016a

4.2 Organigramme de travail

L'organigramme suivant représentant les différentes étapes à suivre pour la réalisation de la détection et localisation des défauts dans les réseaux électrique

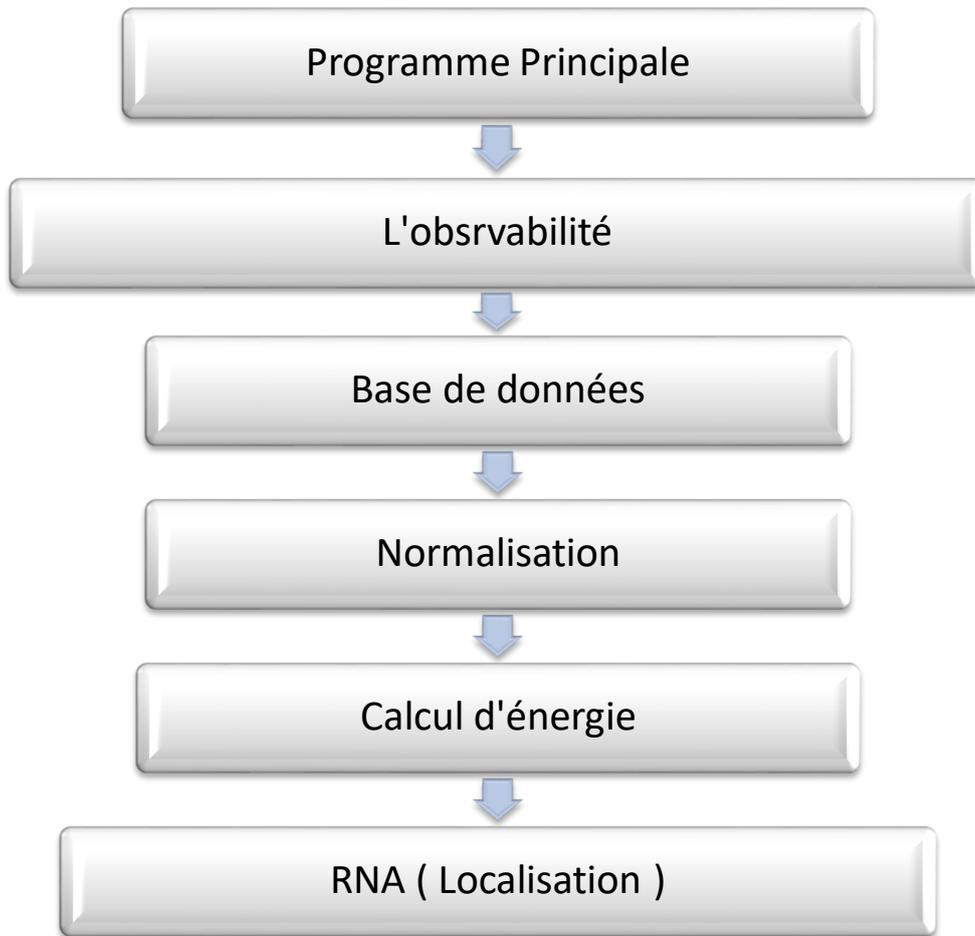


Figure 4.1 : L'organigramme de travail

4.3 L'observabilité

4.3.1 Choix du réseau

Dans notre travail, nous avons choisi un nouveau réseau. IEEE14.

Ce system comprend 5 générateurs, 11 charges, 14 lignes de transmission et 20 branches, Voir figure (2.13) [40]

4.3.2 L'emplacement optimal de PMU

Dans le chapitre 2, nous avons fait l'étude complète de l'emplacement optimal des PMU sur le réseau choisi précédemment. Nous avons travaillé avec la méthode de ZIB qui prend en considération leur emplacement

Zéro injection bus son des nœuds qui ont ni charge ni alimentation, tout est cité dans le chapitre 2

Chapitre 4 : Simulation

Réseau	Nombre de ZIB	L'emplacement de ZIB	L'emplacement obligatoire de PMU	L'emplacement des PMU
14	1	7	none	2,6,8,9

Tableau 4.1 : L'observabilité

4.4 Base de données

Nous avons obtenu notre base de données à partir de PSAT.

4.4.1 Créations du défaut

Nous avons créé différents scénarios de défaut de court-circuit. (Pour chaque scénario on doit varier sur la résistance du défaut)

Sur notre programme principale la fonction de création de défaut et nommé sur Fault.con

Colonne	Variable	Description	Unité
1	-	Nombre de bus	Int
2	S_n	Puissance apparente	MVA
3	V_n	Voltage	Kv
4	F_n	Fréquence	Hz
5	t_f	Temps de défaut	s
6	t_e	Temps d'échantillonnage	s
7	r_f	Résistance de défaut	p.u
8	x_f	Réactance de défaut	p.u

Tableau 4.2 : Format de données de défaut (Fault.con)

Chapitre 4 : Simulation

```
Fault.con = [1    1000    100    60    1    1.2    1    1]
            [... ↓ ... ... ... ]
            [14   1000    100    60    1    1.2    1    1]
```

Pour l'obtention d'un seul scénario, il faut tout d'abord de fixé sur Fault.con la résistance du défaut. Après nous avons changé la valeur de nœud pour chaque simulation

```
Fault.con = [ (n)    1000    100    60    1    1.2    (R)    1]
```

Le temps de simulation est de $t=20s$, le temps de défaut sur notre ligne est de $t_f=0.2s$. Les figures suivantes ont été simulées sur PSAT. Nous allons représenter les signaux défauts, d'un seul scénario

Nous avons fait 14 différents scénarios pour 14 résistances différentes, voici quelque figure pour 4 différentes résistances de défaut sur un seul nœud

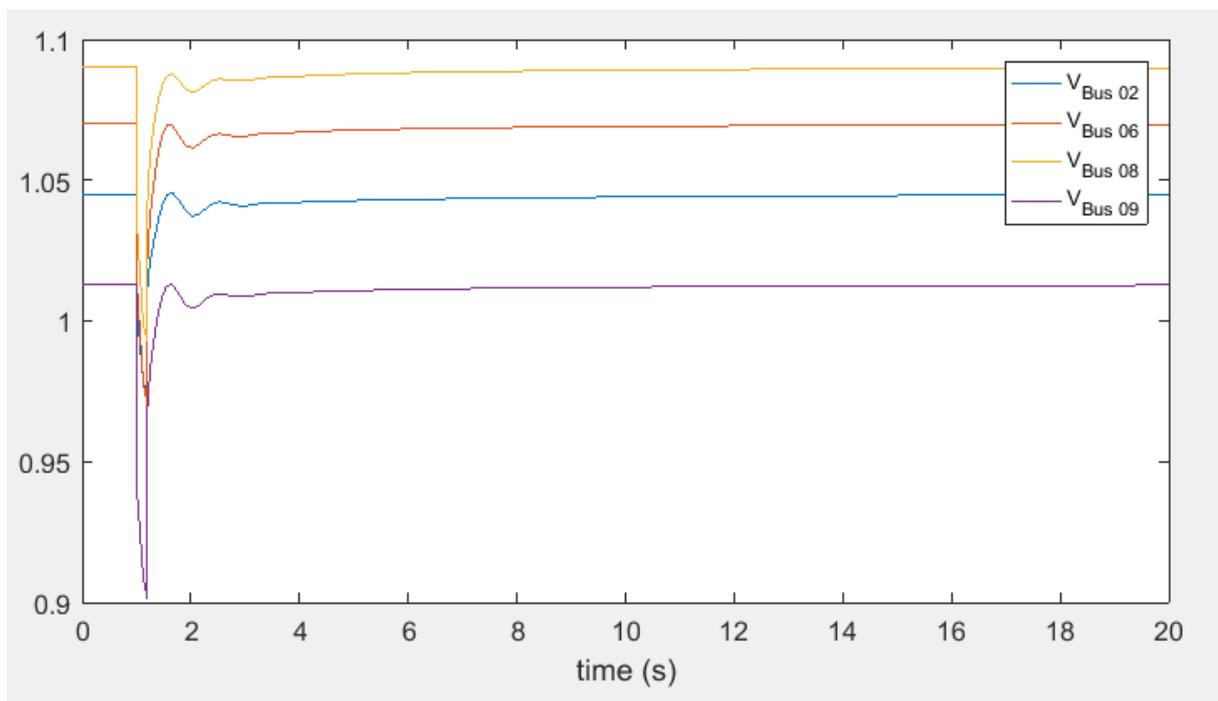


Figure 4.2: Nœud n5 R=0.7pu

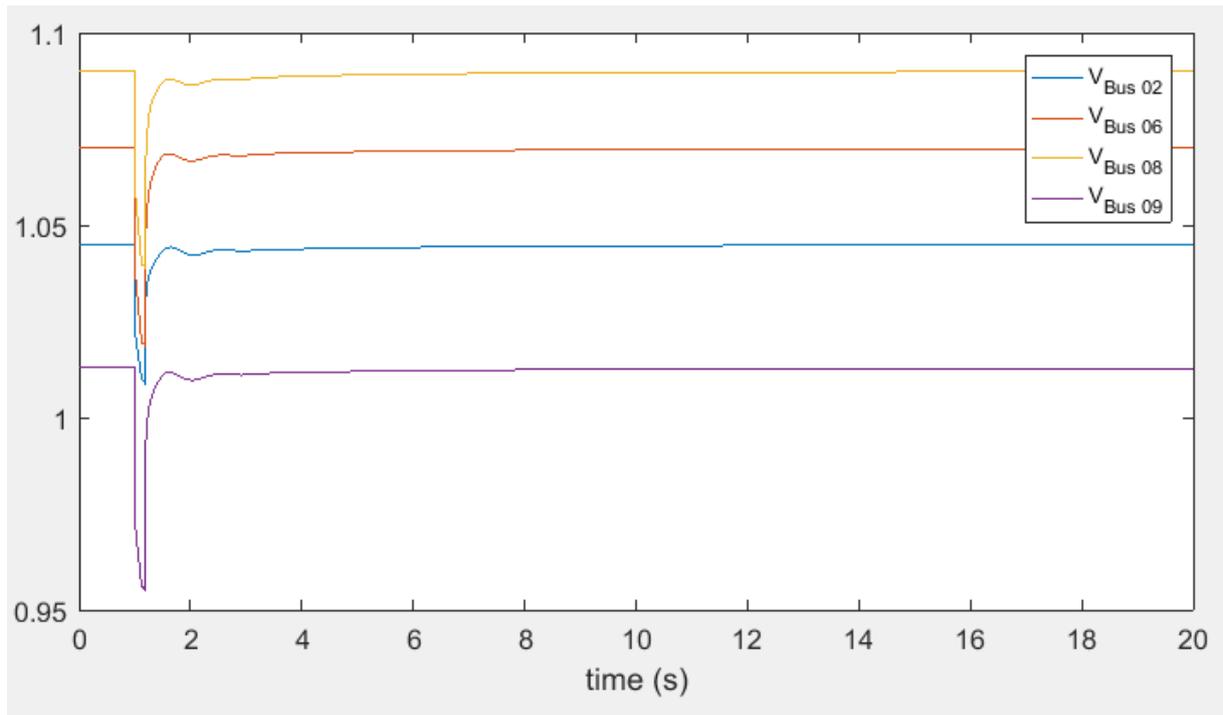


Figure 4.3 : Nœud n5 R=3.5 pu

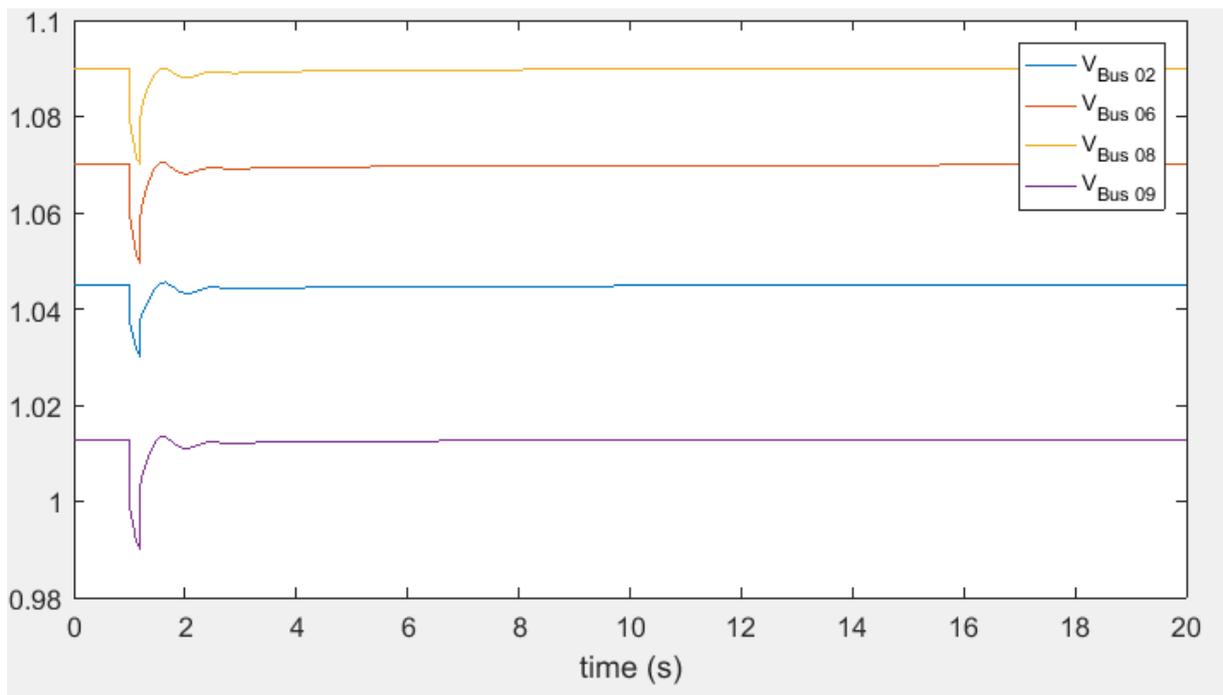


Figure 4.4 : Nœud n5 R=10 pu

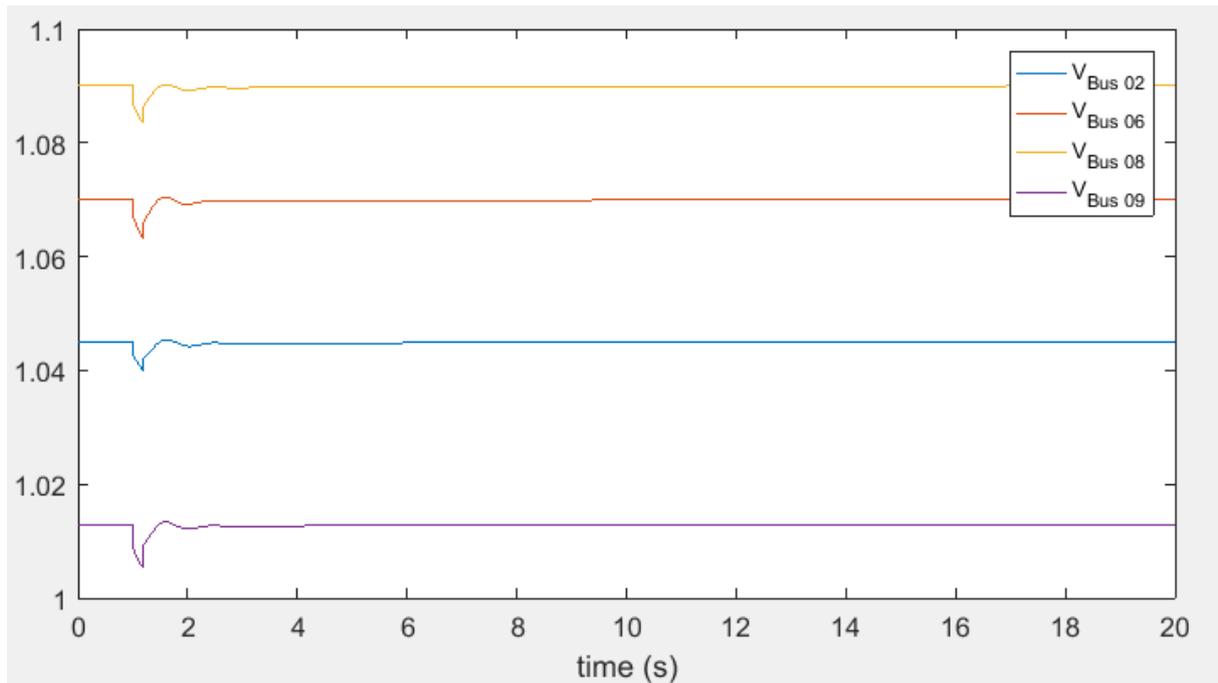


Figure 4.5 : Nœud n5 R=25pu

Remarque :

Nous avons remarqué pour chaque scénario que le pique de défaut change. Ceci est dû à la consommation de courant par la résistance.

4.4.2 La taille des données

Nous avons extrait notre base de données à partir de PSAT, elle présente le tableau suivant :

- Une table pour la localisation (196 x 4) détails :
 - Entrées = l'énergie pour les différents scénarios de défaut de court-circuit
 - Sortie = numéro du nœud en défaut

4.5 Calcul d'énergie

Après avoir récupéré les signaux de tensions et fait la conversion numérique-analogique, la prochaine étape est le calcul l'énergie de ces signaux.

L'équation utilisée :

$$Ve_{PMUi} = \sum_{i=1}^K V_{PMUi} (t) \quad (4.1)$$

Avec :

V : représente-le signale de tension au nœud PMUi.

K : nombre d'échantillon.

T : période d'échantillon.

i : l'emplacement du PMU.

4.6 Normalisation

Après la récupération de la base des données et le calcul d'énergie des signaux, la prochaine étape est la normalisation de ces derniers.

Normaliser les données dans un vecteur et une matrice en calculant le z-score. Créez un vecteur v et calculez le z-score, en normalisant les données pour obtenir une moyenne de 0 et un écart-type de 1.

z-score : avec moyenne 0 et écart type 1

La normalisation des valeurs de la base de données, nous avons utilisé les équations suivantes :

$$V(i,j) = \frac{V(i,j) - \text{mean}(V(i,j))}{\sqrt{\text{std}(V(i,j))}} \quad (4.2)$$

Avec :

V(i,j) i est la i_{eme} entrée dans le tableaux, j est l'ordre de PMU

mean est la moyenne, comme elle est présenté dans l'équation (4.3)

$$\text{mean} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (4.3)$$

std : Standard deviation

Une fonction sur matlab, $S = \text{std}(A)$ renvoie l'écart-type des éléments de A le long de la première dimension du tableau dont la taille n'est pas égale à 1. La représentation mathématique est l'équation suivante (4.4)

$$\text{std} = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1} * \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2\right)} \quad (4.4)$$

4.7 Localisation

C'est la localisation des défauts sur notre système. En effet, nous avons utilisé notre base de données en variant à chaque fois la résistance de court-circuit

Le but de la classification dans cette étude est d'identifier les classes auxquelles appartiennent des objets à partir de certains paramètres descriptifs. Il s'agit en effet d'extraire une règle générale à partir des données observées. La procédure générée devra classer correctement les exemples de l'échantillon et avoir un bon pouvoir prédictif pour classer correctement de nouvelles descriptions. Dans le cas de notre étude, nous avons utilisé la classification pour avoir le meilleur pourcentage d'observabilité

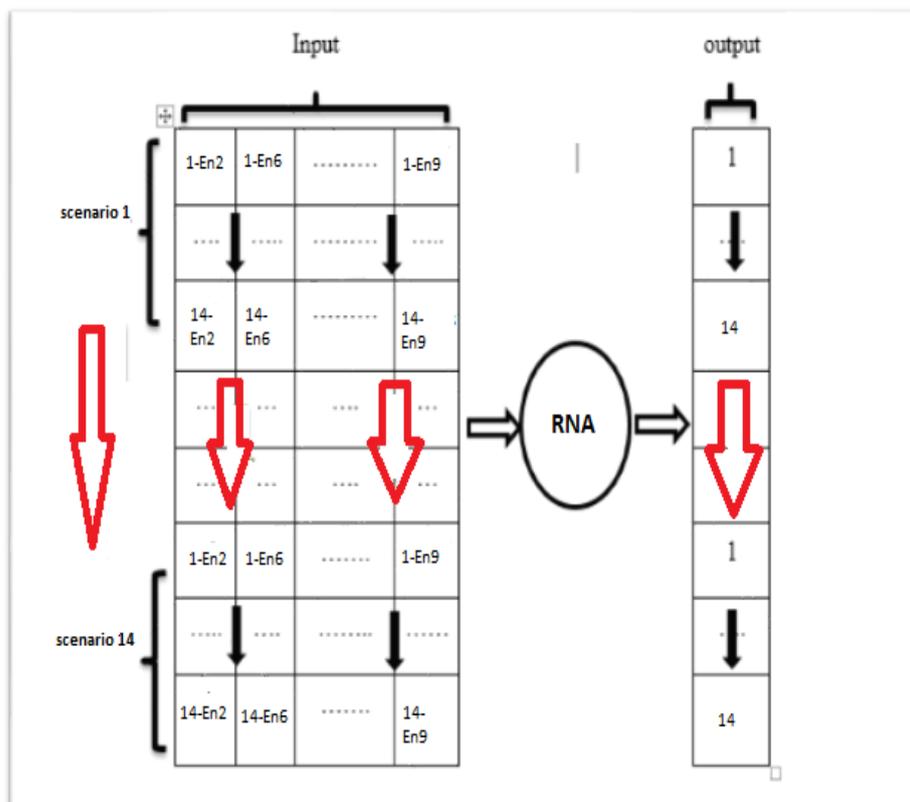


Figure 4.6 : La base de données de la localisation

4.7.1 Étude comparative des bases de données

Dans cette étude, on va comparer les résultats des types de RNA pour chaque choix du défaut afin de connaître l'efficacité et la précision

Type de RNA	Précision
Neural Net Fitting	95.91%
Neural Clustring	93.36%
Neural time service	91.83

Tableau 4.3 : Etude pour 3 scenarios

Type de RNA	Précision
Neural Net Fitting	97%
Neural clustering	94%
Neural time service	91%

Tableau 4.4 : étude pour 7 scénarios

Chapitre 4 : Simulation

Type de RNA	Précision
Neural Fitting	97.4 %
Neural Clustering	96%
Neural Time Service	92.4%

Tableau 4.5 : étude pour 14 scénarios

D'après ces tableaux, nous remarquons que le pourcentage des types de RNA augmente légèrement lorsque nous avons ajouté plus de scénarios et cela revient à la technique de RNA qui travaille avec une grande base de données pour une bonne classification.

4.7.2 Réglage des paramètres

D'après ces résultats, le meilleur choix des bases de données pour une bonne localisation des défauts sur les nœuds est de 14 scénarios. Car, on remarque que le **RNA Fiting** donne le meilleur pourcentage pour la localisation de ce dernier et c'est lui qu'on va utiliser pour effectuer les différentes simulations concernant la localisation.

Application	Neural Fitting
Samples are	Matrix rows
Validation	5%
Testing	5%
Number Of Hidden Neurons	10
Training algorithme	Baysian regularization

Figure 4.6: Les paramètres de RNA

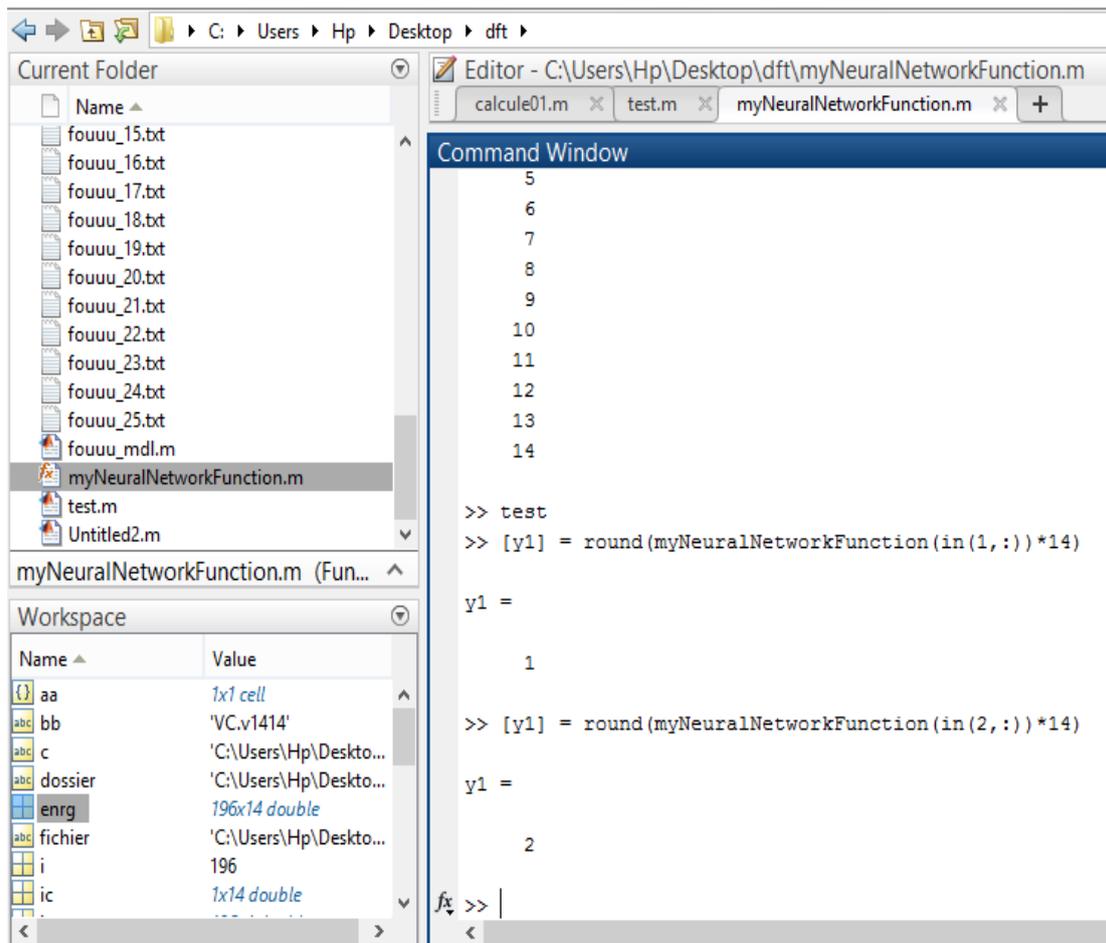


Figure 4.7 : Localisation de 1 et 2 éme bus pour le 1^{er} scenario

Chapitre 4 : Simulation

4.7.3 Test du résultat

Nous avons créé des défauts sur différents nœuds avec des valeurs de résistance aléatoire. On va extraire nos signaux de tension du PSAT et on va prendre le même chemin de travail, qu'on va tester avec notre modèle.

Erreur = N° de nœud – localisation de défaut

Model (Base de données)	Test		Erreur
N° de nœud	Résistance de défaut	Localisation de défaut	
5	2	5	0
8	3.5	8	0
11	0.7	11	0
12	2.2	12	0
3	0.4	3	0
1	10	1	0
6	15	6	0
14	8	14	0
9	12	9	0
13	4	13	0

Tableau 4.8 : Résultat de test

➤ Interprétation

D'une manière générale, les résultats obtenus de la localisation sont assez intéressants par rapport à une faible base de données

Chapitre 4 : Simulation

Du coté économique et technique, l'emplacement optimal est celui dans lequel on place les PMU afin d'avoir une bonne observabilité du réseau. Vu le cout excessif de cet appareil, nous avons utilisé 4 pmu pour éviter des incidents qui peuvent surgir par mesure de sécurité et aussi pour que le réseau reste observable

Les résultats de tableau 4.8 sont assez intéressants. Ce dernier revient au pourcentage de la classification de notre base de données.

4.8 Comparaison entre la méthode de RNA et SVM

Scénario	Apprentissage	
	RNA	SVM
03	95.91%	67.8%
07	97%	82.5%
14	97.4%	89%

Tableau 4.9 : Résultat d'entrainement.

Dans ce chapitre on a fait l'étude complète de deux méthodes d'apprentissage RNA(neural fitting) et, SVM(linear), on a peut avoir les résultats dans le tableau suivant pour les mêmes scénarios

On a déduit que la méthode RNA est plus efficace par rapport à la méthode SVM est la durée de détection de défaut RNA est plus rapide. Donc RNA est une méthode avantageuse

4.9 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons effectué des simulations sur la méthode de RNA pour obtenir la localisation des défauts sur un réseau de 14 nœuds

En effet, pour obtenir des bons résultats de classification et localisation des défauts de court-circuit il faut bien choisir l'emplacement des PMU pour emplacement optimal et le réseau devient observable

En résumé, dans ce chapitre, nous avons présenté une solution pour la reconnaissance des défauts dans le réseau électrique. Notre solution permet de localiser le défaut avec l'emplacement optimal des PMU.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le but de notre projet est de trouver des méthodes de détection et classification des défauts de court-circuit dans une ligne haute tension (HT) afin de localiser les défauts de court-circuit ce qui permet leur élimination et une remise en service le plus rapidement possible.

Nous nous sommes intéressés à développer une nouvelle technique de classification et de localisation ont été développés tels que le RNA et SVM, pour obtenir une meilleure évaluation de l'endroit du défaut selon les données des signaux de tensions PMU. Ce travail a été subdivisé en 4 chapitres.

Nous avons entamés notre travail, par une présentation de l'architecture et l'exploitation du réseau électrique, avec l'étude des différents types de défauts, leurs origines et leurs impacts sur le fonctionnement du réseau électrique. Afin de préserver le système, il est nécessaire de prendre des mesures de protection appropriées. En effet, pour assurer sa continuité, une étude des différents types de protection a été présentée. Ainsi que les méthodes de détection et localisation de défauts des réseaux HTA, en nous intéressant plus particulièrement à celles des apprentissages supervisés.

Le deuxième chapitre décrit la technologie Synchro-phaseur, ainsi que ses principales applications. Après une étude approfondie, nous avons constaté que les synchrophaseurs appelés également PMU sont l'une des solutions pour rendre le réseau plus fiable. D'Autre part, il est possible d'estimer le stress sur le réseau et de synchroniser les lignes de transmissions entre elles, grâce aux données récoltées par le GPS afin d'éviter les coupures de courant à grande échelle.

Le troisième chapitre représente la partie théorique de notre simulation, où nous avons présenté de manière simple et complète le concept du système d'apprentissage, les RNA et le SVM, Nous avons donné une vision générale et une vision purement mathématiques de ces techniques, en finalisant notre chapitre par leurs avantages et inconvénients.

La dernière partie de ce travail représente une simulation dans un réseau de 14 bus, et faire une localisation du défaut en utilisant le classifieur RNA

Les résultats obtenus après la simulation de localisation de défauts ont été assez concluants.

Comme perspective, nous proposons d'utiliser une base de données assez grande avec plusieurs scénarios afin d'avoir de meilleurs résultats et de doubler le nombre des synchrophaseurs dans chaque bus pour soutenir et remplacer le PMU au cas d'endommagement de ce dernier, dans le but d'assurer la continuité du réseau électrique.

Annexe

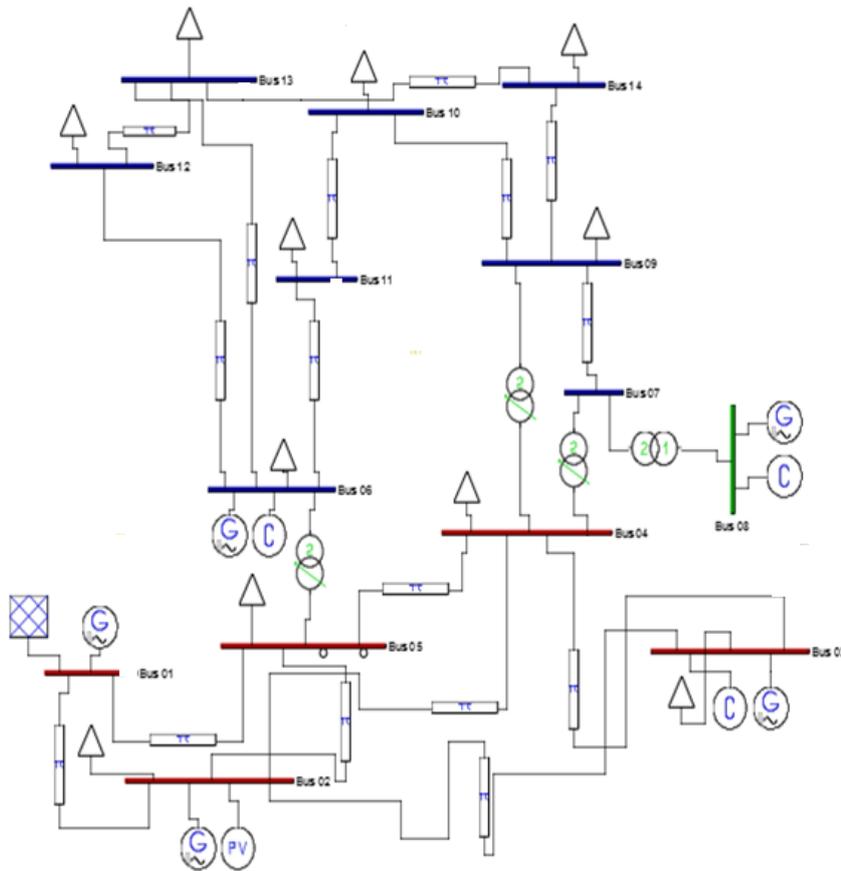
Colonne	Variable	Description	Unité
1		Nombre de bus	Int
2	Sn	Puissance apparente	MVA
3	Vn	Voltage	Kv
4	Fn	Fréquence	Hz
5	tf	Temps de défaut	s
6	te	Temps d'échantillonnage	s
7	rf	Résistance de défaut	p.u
8	xf	Réactance de défaut	p.u

Format de données de défaut (Fault.con)

1. Les paramètres de réseau 14 nœuds

➤ Plan général :

- 5 générateurs.
- 4 transformateurs.
- 14 jeux de barres.
- 11 charges statiques.



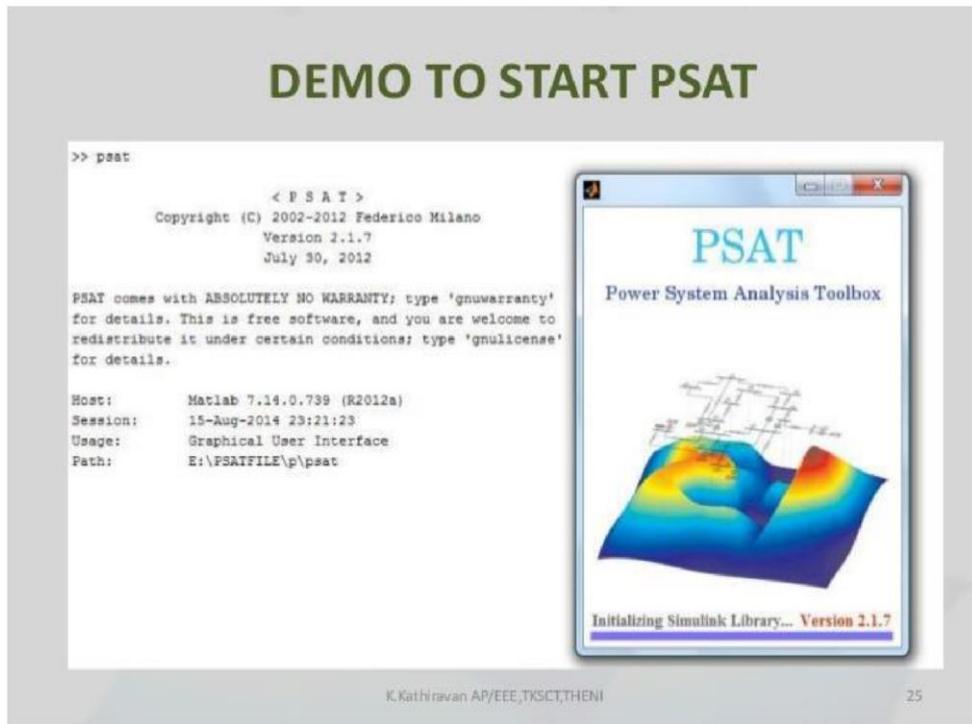
Réseau électrique de 14 bus

2. Logiciel Utilisé «PSAT »

PSAT (Power System AnalysisToolbox) est un logiciel destiné à l'analyse et l'étude des réseaux électriques, Il est développé sous MATLAB par Mr. Federico Milano ; Professeur, Docteur à l'université de Castilla-La Mancha, Ciudad Real, Spain. PSAT bénéficie largement des remarques et observations des chercheurs spécialisés dans le réseau électrique via leurs contributions dans le forum de ce dernier Pour cela, il a connu des améliorations remarquables d'une version à une autre.

PSAT est un logiciel, simple, intéressant, qui englobe plusieurs domaines de recherche dans l'étude et l'analyse des réseaux électriques. La manipulation de PSAT peut être effectuée, soit par l'interface graphique, soit par la programmation en ligne en utilisant leurs fonctions prédéfinies.

Un toolbox sur matlab,c'est un logiciel de simulation des réseaux électrique sur matlab



Les descriptions des paramètres du réseau :

Column	Variable	Description	Unit
1	-	Bus number	int
2	V_b	Voltage base	kV
† 3	V_0	Voltage amplitude initial guess	p.u.
† 4	θ_0	Voltage phase initial guess	rad
† 5	A_i	Area number (<i>not used yet...</i>)	int
† 6	R_i	Region number (<i>not used yet...</i>)	int

Figure PSAT 1: Bus.con

Column	Variable	Description	Unit
1	k	From Bus	int
2	m	To Bus	int
3	S_n	Power rating	MVA
4	V_n	Voltage rating	kV
5	f_n	Frequency rating	Hz
6	-	<i>not used</i>	-
7	k_T	Primary and secondary voltage ratio	kV/kV
8	r	Resistance	p.u.
9	x	Reactance	p.u.
10	-	<i>not used</i>	-
† 11	a	Fixed tap ratio	p.u./p.u.
† 12	ϕ	Fixed phase shift	deg
† 13	I_{max}	Current limit	p.u.
† 14	P_{max}	Active power limit	p.u.
† 15	S_{max}	Apparent power limit	p.u.
† 16	u	Connection status	{0, 1}

Figure PSAT2 : Line.con

Column	Variable	Description	Unit
1	-	Bus number	int
2	S_n	Power rating	MVA
3	V_n	Voltage rating	kV
4	f_n	Frequency rating	Hz
5	t_f	Fault time	s
6	t_c	Clearance time	s
7	r_f	Fault resistance	p.u.
8	x_f	Fault reactance	p.u.

Figure PSAT 3 : Fault.con

Column	Variable	Description	Unit
1	-	Generator number	int
2	1	Exciter type	int
3	$V_{r \max}$	Maximum regulator voltage	p.u.
4	$V_{r \min}$	Minimum regulator voltage	p.u.
5	μ_0	Regulator gain	p.u./p.u.
6	T_1	1 st pole	s
7	T_2	1 st zero	s
8	T_3	2 nd pole	s
9	T_4	2 nd zero	s
10	T_e	Field circuit time constant	s
11	T_r	Measurement time constant	s
12	A_e	1 st ceiling coefficient	-
13	B_e	2 nd ceiling coefficient	-
14	u	Connection status	{0,1}

Figure PSAT.4 : Exc.con

Bus.con : Les informations techniques de nœuds

Fault.con : La description de création d'un défaut de court-circuit triphasé

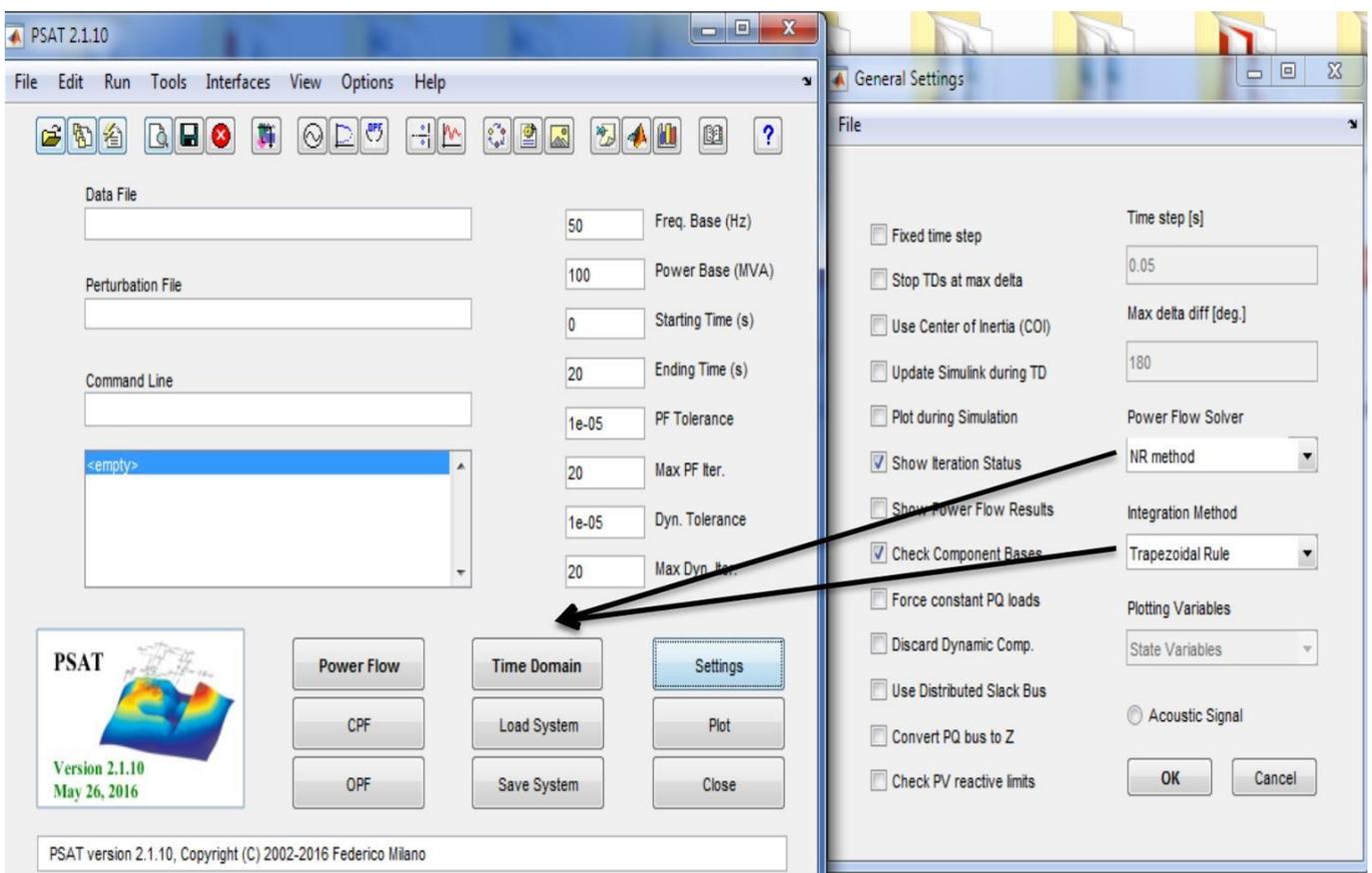
➤ Time Domain

Cette fonction sur PSAT résout nos équations différentielles du réseau, alors cette fonction décrit les méthodes d'intégration de domaine temporel utilisées dans PSAT et leurs paramètres. Une catégorie particulière de paramètres est les instantanés qui permettent de calculer des points spécifiques pendant les simulations de temps. Comment inclure les perturbations est également. Les défaillances triphasées et les opérations de disjoncteur sont prises en charge au moyen de fonctions et de structures spécifiques, tandis qu'une perturbation

Annexe

générique peut être créée pour écrire une fonction définie par l'utilisateur. Enfin, les utilitaires de traçage pour les simulations dans le domaine temporel sont brièvement décrits au moyen d'exemples simples.

Donc Time Domain utilise des méthodes algébriques pour la résolution de notre système. Comme, jacobin, Euler, trapèze, NR, Etc.



Bibliographique

référence bibliographique

Référence Bibliographique

[1] Mr. DAAOU Yassine, « CLASSIFICATION ET LOCALISATION DES DÉFAUTS DANS LES LIGNES DE TRANSPORT À THT EN TEMPS RÉEL », mémoire Magister 2011, Oran.

[2] L.Taleb, S.ouled Cheikh 'Détection et classification des défauts de court-circuit dans une ligne HT', l'obtention du diplôme master Département de Génie Electrique, Université Belhadj Bouchaïb d'ain timouchent, 2017

[3] Cong Duc PHAM, « détection et localisation de défauts dans les réseaux de distribution. HTA en présence de génération d'énergie dispersée »

[4] Abdellah EL MAHJOUBY, effet de l'intégration des énergies renouvelables sur les méthodes de localisation des défauts dans les réseaux de distribution, université Sidi

Mohamed Ben Abdellah, 14 juin 2016

[5] www.aisbrno.cz/WideareaMonitoringSystem

[6] international journal of advance engineering and research development volume 4? Issue 3, March 2017

[7] Groupe de travail B5.05, Modern technique for protecting, controlling and monitoring power transformers, CIGRÉ, coll. <<brochure 463>>, Juin 2011

[8] M. LAMI, « Protection et Surveillance des Réseaux de Transport d'Énergie Électrique », Volume 2, Electricité de France (EDF), février 2003.

[9] . Ibrahim Farhat " Fault Detection, Classification and Location in Transmission Line Systems Using Neural Networks " *Ph.D. Dissertation mars 2003, Concordia University Montreal, Quebec, Canada.*

[10] S.Bouraghda, A.Boukadoum S, Leulmi? 'Détection des défauts dans les lignes de transport par RNA Utilisant le MATLAB SIMULINK 'University of August, 1955

référence bibliographique

- [11] Mohamed BENTOUMI , « outils pour la d'étéction et la classification. Application au diagnostic de défauts de surface de rail »Centre de Recherche en Automatique de Nancy,le 15/10/2004
- [12]]. [https://www.researchgate.net/publication/267041176_introduction a La Logique Floue](https://www.researchgate.net/publication/267041176_introduction_a_La_Logique_Floue)
- [13] <http://www.touzet.org> :claude :Web-facclaude :Les réseau de neurones artificiels.pdf
- [14] Ouahib GUENOUNO, Méthodologie de conception de contrôleurs intelligents par l'approche génétique-application à un bioprocédé' thèse doctorat en système informatique, l'université Toulouse 3 –Paul Sabatier, le 22-04-2009
- [15] Merabti Youcef,'Optimisation des réseaux de neurones MLP par l'algorithme hybride AG-RT pour le contrôle d'un système non linéaire',mémoire fin d'étude mster en informatique industrielle, université LARBI BEN M'HIDI D'OUM EN BOUGHY ,le 09-06-2015
- [16] Stéphane mallat, Une exploration des signaux en ondelettes, Éditions de l'école polytechnique,2000
- [17] A. Bentouati, A.RabeAmani, 'detection , classification et localisation des défauts dans un réseau de transport', l'obtention du diplôme de Master en électrotechnique, réseaux électrique , université Houari Boumediene, 2018.
- [18] Yaaquoub LATRECHE, « DIAGNOSTIC DES LIGNES DE TRANSMISSION PAR LA METHODE DES RESEAUX DE NEURONES ARTIFICIELS »,master en électrotechnique, université CONSTANTINE1,
- [19] M M Saied, A S-Fuhaid, « a computer relaying algorithm for direct determination of the fault Distance »,computer and Elect Engng,Vol.14,No.3/4,pp.93-104,1988
- [20] K Guenifi,R Direm « Détection ,classification Et localisation Des Défauts Dans Réseaux par les techniques intelligentes »,Mémoire ingénieur,juin 2006
- [21] J G Webster, « fault location » ,Wielyencyclopedia of Electrical and Electronics engineering,copyright by jhon Wiley and sons ,inc,pp,276-285-1999.
- [22] M Mohan Saha ,JI zykowski,E Rosolowski, “fault location On power Networks”,october2009

référence bibliographique

- [23] A.G. Phadke, "Synchronized Phasor Measurements in Power Systems," IEEE Computer Applications in Power, April 1993.
- [24] Kinjal G.shah, Priyush J.Parmar,"Application of phasor measurement unit(pmu) in electric power system network",International journal of advanced engineering and research development,volume4,march2017.
- [25] Mosbah LAOUAMER , "contribution a l'utilisation des unités de mesure du phaseur PMU pour l'amélioration du comportement dynamique du réseau électrique »,thèse doctorat en réseaux électrique,université Dr yahia fares de Medea ,mars 2019
- [26] phadke A.G,synchronized phasor measurements in power systems,IEEE,comp.Appl power syst.,10-15,1993
- [27] Phadke, Arun G.; THORP, John Samuel. Synchronizedphasor measurements and their applications Power electronics : Springer, 2008.
- [28] Phadke,AG,thorp,J.S.,Adamiak,M,A new measurement technique for tracking voltage phasors,local system frequency,and rate of change of frequency,IEEE trans.power Ap.sys.,102,1025,1982
- [29] Phadke, Arun G.; THORP, John Samuel. Synchronizedphasor measurements and their applications. New York: Springer, 2008.
- [30] LAVERTY, David M., et al. The Open PMU platform for open-source phasor measurements. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2013, 62.4: 701709.
- [31] Rohini P. Haridas,GPS Based phasor technology in Electrical power system , international journal of electronics and Electrical Engineering Vol.3,No , Electrical engineering Department ,S.S.G.M.C.E,Shegaon,India,Decembre 2015

référence bibliographique

- [32] Venkatesh.T, Optimal PMU placement using Best First search Algorithm with Pruning, Discipline of Electrical Engineering, Indian institute of technology India, 2014
- [33] Krumpholz, G.R., Clement, K.A., & Davis, P.W. (1980). Power Observability. IEEE transaction on power Apparatus and systems, (4), 1534-1542.
- [34] Manousakis, N.M., Korres, G. N., & Georgilakis, P ; S. (2012). taxonomy of PMU placement methodologies. IEEE transaction on power systems, 27(2), 1070-1077
- [35] A Ahmadi, Y. A. Beromi, M. Moradi (2011), optimal PMU placement for power system observability using Binary PSO and considering measurement redundancy, Expert Systems with Applications, Vol.38, pp.7263-7269.
- [36] Milodevic, B. & Begovic, M. (2003). Nondominated sorting genetic algorithm for optimal phasor measurement placement. IEEE transaction on Power Systems, 18(1), 69-75.
- [37] www.ats.com/vn/WAMS
- [38] Mohammad Shahreini and Mohammad Hossein javidi, Wide Area Measurement Systems, Golestan University, Ferdows university of Mashhad, Iran, 2012
- [39] Styendra Paratap Singh and S.P Singh, "Optimal PMU Placement in power system Considering the Measurement Redundancy", Electrical Engineering Department, 2T(BHU) Varanasi, India, 2014
- [40] Elham Makram, Fellow, IEEE, Zheng Zhao, Student Member, IEEE, and Adly Girgis, Fellow, IEEE, Electrical and Computer Engineering Department, An Improved Model in Optimal PMU Placement Considering Sensitivity Analysis? clemson university
- [41] E Hervet « Réseaux De Neurones », Université De Moncton, Canada, Hiver 2013.
- [42] M L Talbi, « Analyse Et Traitement Du Signal Electrocardiographique (Ecg) », Thèse Doctorat, 2011
- [43] M L Talbi, « Analyse Et Traitement Du Signal Electrocardiographique (Ecg) », Thèse Doctorat, 2011
- [44] Hamza Cherif-Chapitre 11 : Classifieurs SVM et Réseaux de Neurones.pdf.

référence bibliographique

[45] N. Cristianini and J. Shawe-Taylor. *Introduction to Support Vector Machines*. Cambridge Univeristy Press, 2000.

[46] <https://le-datascientist.fr/les-svm-support-vector-machine>