



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

Réf:.....

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

MASTER

Thème

**Prédiction du contournement d'une Chaîne
d'isolateur MT 175 CTV-Sonelgaz Polluée
Artifiquement par la Logique Floue.**

**Présenté par :
Sayah Moatez Béllah
Soutenu le : 05 Juin 2014**

Devant le jury composé de :

**Mr. Kiyyour Brahim
Dr. M'ziou Nassima
Mr. Guedidi Salim**

**M.A.A
M.C.A
M.A.A**

**Président
Encadreur
Examineur**

Année universitaire : 2013 / 2014

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



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

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

MASTER

Thème

**Prédiction du contournement d'une Chaîne
d'isolateur MT 175 CTV-Sonelgaz Polluée
Artificiellement par la Logique Floue.**

Présenté par :

Sayah Moatez Béllah

Avis favorable de l'encadreur :

Dr. M'ziou Nassima

signature

Avis favorable du Président du Jury

M.A.A.Kiyyour Brahim

Signature

Cachet et signature



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

Thème :

Prédiction du contournement d'une Chaine d'isolateur MT 175 CTV-Sonelgaz Polluée Artificiellement par la Logique Floue.

Proposé par : Dr. M'ziou Nassima

Dirigé par : Dr. M'ziou Nassima

RESUME

L'objectif de notre étude est la prédiction de contournement d'une chaine d'isolateur de Haute Tension polluée sous une tension à fréquence industrielle. L'isolateur HT est soumis sous l'influence de la tension appliquée, le niveau de la pollution ainsi que sa conductivité. La base des données utilisées pour concevoir l'algorithme flou ainsi que son entraînement sont les résultats expérimentaux réalisés au laboratoire de haute Tension. L'objectif des essais effectués est de mesurer la tension contournement d'une chaine d'isolateur sous l'influence des contraintes déjà mentionnés.

Mots clés : chaine d'isolateur HT, contournement, pollution, logique floue, zone de pollution, prédiction, tension appliquée, conductivité de la pollution.

ملخص

الهدف من دراستنا هو التنبؤ بإحاطة لسلسلة عوازل التوتر العالي ملوث تحت توتر متناوب ، حيث أن النموذج خاضع لتأثير كل من التوتر المطبق و مستوى التلوث و ناقلتها. و قاعدة البيانات المستعملة لتصميم الخوارزمية الضبابية و تدريبها هي النتائج التجريبية المحققة في مخبر التوتر العالي لجامعة بسكرة. و الهدف من التجارب هو قياس توتر الإحاطة لسلسلة عوازل تحت تأثير العديد من العوائق تم ذكرها.

الكلمات المفتاحية : سلسلة عوازل التوتر العالي ، إحاطة، تلوث العوازل، المنطق الضبابي، التنبؤ، التوتر المطبق، ناقلية التلوث ، عرض الطبقة الملوثة.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

« رَبِّ اجْعَلْ لِي قَلْبًا عَاقِلًا وَاجْعَلْ لِي صَدْرًا حَسْبًا وَاجْعَلْ لِي أُمَّرًا سَدِيدًا »

« وَأَطِلْ لِي مَعْقِدَ مِنَ الْقَبْرِ وَأَجْعَلْ لِي لِسَانَ حَقٍّ يَنْقُلُ مَا أَقُولُ »

سورة طه

صدق الله العظيم

" رَبَّنَا عَلِّمْنَا مَا يَنْفَعُنَا وَنَفَعْنَا بِمَا عَلَّمْتَنَا ، إِنَّكَ

أَنْتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ "

دعاء نبوي

Dédicaces



Je dédie ce modeste travail à:

*Ma très chère mère, Mon très Cher père à qui
m'adresse au dieu les vœux les plus ardents
pour la conservation de leur santé et de leur
vie.*

Pour mes chers frères et sœurs.

Pour ma grande famille Sayah.

Pour mes très chers amis.

A tous ceux qui m'aiment et que j'aime.

*A toutes la promotion d'électrotechnique
2014.*

Moatez Béllah...



Remerciements



En premier lieu, nous tenons à remercier "DIEU" qui nous a aidés pour que ce modeste travail soit achevé et pour que nous ayons réussi.

Nous tenons à remercier vivement tous ceux qui nous ont orienté et nous ont encouragé. Nous pensons en particulier à notre encadreur "Dr. M'ziou Nassima" et Monsieur "M'ziou Boubaker" pour nous avoir bien suivi durant ce travail et de nous faire protégée de leurs savoir, ainsi que de leurs conseils, et pour toute l'aide, les remarques constructives qui nous ont aidé à améliorer ce travail, et que grâce à ils nous avons pus réaliser nos objectifs.

Nos grands remerciements aussi à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation au département de génie électrique.

Enfin, nous remercions nos amis pour leur aide, leur soutien et leur compréhension...

Liste des tableaux

**Chapitre I :
Pollution des isolateurs de Haute Tension.**

Tableau .I .1 Classement de degré de pollution selon CEI 815[1]..... 20

**Chapitre III :
Technique Expérimental&Résultats Obtenus et
Interprétations.**

Tableau III. 1 Les essais effectués pour obtenir la valeur moyenne de la tension (Essai propre)..... 46

Tableau III.2 Les essais effectués pour obtenir la valeur moyenne de la tension (7,5 g/l-N1)..... 46

Tableau III.3 Tension de contournement en fonction de la conductivité et le niveau de la pollution (un isolateur)..... 47

Tableau III.4 Tension de contournement en fonction de la conductivité et le niveau de la pollution (deux isolateur (chaine))..... 47

Tableau III.5 Répartition de la tension appliquée (U) et sa forme..... 48

Tableau III.6 Répartition de la conductivité (S) et leur forme..... 49

Tableau III.7 Répartition du niveau de la pollution (N) et sa forme..... 49

Tableau III.8 Répartition des étapes de contournement (C) et leur forme..... 50

Tableau III. 9 Comparaison entre les résultats expérimentaux et la prédiction de la logique floue (un élément)..... 54

Tableau III. 10 Comparaison entre les résultats expérimentaux et la prédiction de la logique floue (deux élément (chaine))..... 57

Liste des Photos

Chapitre I : Pollution des isolateurs de Haute Tension.

Photo. I. 1 Isolateur de haute tension.....	4
Photo. I. 2 Isolateur capot et tige avec profil standard.....	8
Photo. I. 3 Isolateur capot et tige de profil antibrouillard (forme A).....	8
Photo. I. 4 Isolateur capot et tige de profil antibrouillard (forme B).....	9
Photo. I. 5 Isolateur capot et tige de profil plat.....	10
Photo. I. 6 Isolateur capot et tige de profil sphérique.....	10
Photo. I. 7 Matériau synthétique.....	13
Photo. I. 8 Vieillissement de matériau.....	13
Photo. I. 9 Contournement	14

Chapitre III : Technique Expérimental&Résultats Obtenus et Interprétations.

Photo.III. 1. du circuit d'essai à fréquence industrielle (Modèle réel).....	38
Photo.III. 2 Photo du pupitre de commande et oscilloscope numérique.....	40
Photo.III. 3.a Photo .a Modèle d'un isolateur réel 175 CTV.....	41
Photo. III.3 .b Modèle d'une chaine d'isolateur réel 175 CTV.....	41
Photo.III.4 Méthode de remplissage pour le cas plein pollution.....	43
Photo.III. 5 Evolution des arcs.....	45
Photo.III. 6 Contournement total.....	45
Photo.III. 7 les intervalles flous de la tension appliquée U (entrée).....	48
Photo.III. 8 Intervalles flous de la conductivité S (entrée).....	49
Photo.III. 9 Intervalles flous du niveau de la pollution N (entrée).....	50
Photo.III. 10.1 Intervalles flous de contournement (C) (sortie).....	50
Photo.III. 10.2 Intervalles flous de contournement (C) (sortie).....	51
Photo.III. 11 Règles d'inférences dans le système des règles flous (Mamdani).....	52
Photo.III. 12 Défuzzification de la sortie en valeurs réels.....	53

Liste des Figures

Chapitre I : Pollution des isolateurs de Haute Tension.

Fig. I. 1 Isolateur rigide [3].....	5
Fig. I. 2 Isolateur long fût.....	6
Fig. I. 3 Isolateur capot et tige.....	7
Fig. I. 4 Assemblage à rotule.....	11
Fig. I. 5 Isolateur composite.....	13
Fig. I. 6 Dépôt et évolution de l'agent polluant.....	15
Fig. I. 7 Humidification du dépôt polluant et création d'un courant de fuite.....	15
Fig. I. 8 Arc et bande sèche.....	16
Fig. I. 9 Régime d'arc sous pollution.....	16

Chapitre II : La Logique Floue.

Fig. II.1 Fonction caractéristique.....	24
Fig. II.2 Fonction d'appartenance.....	24
Fig. II.3 Fonction d'appartenance, variable et terme.....	25
Fig. II. 4 Les différentes formes des fonctions d'appartenances.....	26
Fig. II. 5 Les différents opérateurs de la logique floue.....	27
Fig. II. 6 Implication.....	29
Fig. II. 7 Degré d'activation.....	29
Fig. II. 8 Implication.....	30
Fig. II. 9 Agrégation de règle.....	31
Fig. II. 10 Défuzzification par le centre de gravité.....	32
Fig. II. 11 Défuzzification par la méthode de moyenne maximum.....	33
Fig. II. 12 Exemple d'inférence Max-Min.....	34
Fig. II.13 Exemple d'inférence Max-Produit.....	35
Fig. II.14 Structure d'un système floue.....	36

Chapitre III : Technique Expérimental&Résultats Obtenus et Interprétations.

Fig.III. 1 Circuit d'essai à fréquence industrielle	38
Fig.III. 2 Les zones de la pollution discontinue pour un modèle réel	44

Abréviations

Symboles	Signification
O	Etat tenu
C	Contournement
U_c	Tension de contournement
T	Température
h	Humidité
N(%)	Niveau de pollution
U	Tension Appliquée
σ (g/l)	Conductivités
g	Gramme
l	Litre
m	Mètre
V	Volte
KV	Kilo-volte
I_f	Courant de fuite
pF	Pico-Farad
VA	Volte-Ampère

Sommaire

Liste des figures
Liste des photos
Liste des Tableaux
Abréviations

INTRODUCTION GENERALE..... 1

Chapitre I : Pollution des isolateurs de Haute Tension.

I.1 Introduction.....	3
I.2 Définitions.....	3
I.2.1 Isolateurs de haute tension.....	3
I.2.1.1 Types d'isolateurs.....	4
I.2.1.1.1 Isolateurs rigides.....	4
I.2.1.1.2 Isolateurs suspendus ou éléments de chaîne.....	5
I.2.1.1.3 Isolateur long fût.....	5
I.2.1.1.4 Isolateur capot et tige.....	6
a. Profil standard.....	7
b. Forme antibrouillard (forme A).....	8
c. Profil antibrouillard (forme B).....	9
d. Profil plat.....	10
e. Profil sphérique.....	10
I.2.1.1.5 Chaîne d'isolateurs.....	11
I.2.1.2 Matériaux isolants utilisés pour la fabrication des isolateurs.....	11
I.2.1.2.1 Céramique.....	11

Sommaire

I.2.1.2.2 Le verre.....	12
a. Le verre trempé.....	12
b. Le verre recuit.....	12
I.2.1.2.3 Matériaux synthétiques.....	12
I.2.2 Contournement.....	14
I.2.2.1 Déroulement du contournement.....	14
Phase 1 : dépôt de pollution.....	14
Phase 2 : Formation d'un électrolyte conducteur.....	15
Phase 3 : formation d'une bande sèche.....	16
Phase 4 : contournement.....	16
I.2.3 Tension de contournement.....	17
I.2.4 Courant de fuite.....	17
I.3 l'influence de pollution sur les isolateurs.....	17
I.4 Formation des couches polluantes sur les isolateurs.....	17
I.5 Sources de pollution.....	18
I.5.1 Pollution naturelle.....	18
I.5.1.1 Pollution marine.....	18
I.5.1.2 Pollution désertique.....	18
I.5.2 Pollution industrielle.....	18
I.5.3 Pollution mix.....	19
I.6 Conséquences de la pollution.....	19

Sommaire

I.6.1 Arc non localisé.....	19
I.6.2 Arc fixe.....	19
I.6.3 Contournement.....	19
I.7 Sévérité de pollution d'un site.....	20
I.8 Conclusion.....	21

Chapitre II : Présentation De La Logique Floue.

II.1 Introduction.....	22
II.2 Historique de la logique floue.....	22
II.3 Théorie des ensembles flous.....	23
II.3.1 Notion d'appartenance partielle.....	23
II.3.2 variable linguistique.....	23
II.3.3 Fonction d'appartenance.....	24
II.3.4 Opérateurs logiques flous.....	26
II.3.5 Règles linguistique.....	27
II.3.6 Mécanisme d'inférence flou.....	28
II.3.6.1 Principe.....	28
II.3.6.2 Fuzzification.....	29
II.3.6.3 Degré d'activation.....	29
II.3.6.4 Implication.....	30
II.3.6.5 Agrégation.....	30
II.3.6.6 Défuzzification.....	31

Sommaire

II.3.6.6.1 Méthode du centre de gravité.....	31
II.3.6.6.2 Méthode de moyenne de maximum.....	32
II.4 Méthodes d'inférence.....	33
II.4.1 Méthodes d'inférence Max-Min.....	33
II.4.2 Méthodes d'inférence Max-produit.....	34
II.4.3 Méthodes d'inférence Somme-Produit.....	35
II.5 Structure générale d'un système floue.....	35
II.6 Conclusion.....	36

Chapitre III :
Technique Expérimental&Résultats Obtenus et
Interprétations.

III.1 Introduction.....	37
III.2 Dispositif expérimental.....	37
III.2.1 Circuit d'essai au laboratoire de Haute tension (Université de Biskra).....	37
III.2.1.1 Transformateur d'essai.....	38
III.2.1.2 Transformateur de réglage.....	39
III.2.1.3 Oscilloscope numérique.....	39
III.2.1.4 Pupitre de commande.....	39
III.2.1.5 Appareils de mesure et de protection.....	40
III.2.1.6 Diviseur de tension.....	41

Sommaire

III.2.1.7 Objet d'essai.....	41
III.3 Mode opératoire.....	42
III.3.1 Application de la zone de pollution.....	42
III.3.1.1 Cas d'isolateur réel.....	42
a) Méthode de remplissage.....	43
III.4 Procédé d'essais.....	43
III.4.1 Mesure de la tension du contournement.....	43
III.4.1.1 Pollution discontinue.....	44
III.5 Phénomènes observés lors des essais.....	44
III.5.1 Etapes de contournement.....	44
III.6 Résultats expérimentaux obtenus.....	45
III.7 Prédiction de contournement par la logique floue.....	48
III.7.1 La Fuzzification.....	48
III.7.1.1 Définition des entrées.....	48
a. La tension appliquée (U).....	48
b. La conductivité (S).....	49
c. Le niveau de pollution (N).....	49
III.7.1.2 Définition de la sortie.....	50
III.7.2 Les règles d'inférences.....	51
III.7.3 La Défuzzification.....	52
III.8 Résultats de prédiction des différentes étapes de contournement par la logique floue.....	53
III.9 Conclusion.....	60

Sommaire

CONCLUSION GENERALE.....	62
BIBLIOGRAPHIE.....	63



**INTRODUCTION
GENERALE**

INTRODUCTION GENERALE

De nos jours, l'énergie électrique joue un rôle très important dans le développement et l'évolution de l'industrie et l'économie du pays. De ce fait, il faut assurer, à tout instant, un équilibre entre la demande croissante et la production de l'énergie. C'est pour cela, qu'une très grande part d'importance est attachée aux réseaux électriques, principalement aux lignes de haute tension.

Les isolateurs sont des éléments essentiels dans la conception d'une ligne aérienne. Leur rôle est de relier les conducteurs sous tension aux supports et d'assurer l'isolement électrique entre ces deux parties constitutives de la ligne. En effet, le choix du type d'isolateur, les contrôles de réception, la surveillance en exploitation doivent être faite avec un maximum de soin, pour assurer le bon fonctionnement de la ligne.

Le phénomène de pollution des isolateurs peut être considéré comme un déversement continu ou intermittent d'impuretés d'origines diverses. Ces impuretés peuvent provenir des flots de fumée qui s'échappent des appareils d'évacuation (pollution industrielle ou urbaine), ou alors de fines particules salines dans les régions situées au bord de la mer (pollution marine), et même de particules de sable plus ou moins fines dans les régions désertiques (pollution désertique)[1].

L'objectif du présent travail est de trouver un algorithme de prédiction de contournement d'un isolateur réel de Haute Tension soumis sous l'influence de la tension appliquée, la conductivité et les niveaux de pollution. La technique d'intelligence artificielle utilisée est celle de la Logique Floue.

Le présent mémoire est constitué de trois chapitres comme suit :

Nous entamons le premier chapitre par une présentation d'une synthèse bibliographique sur les isolateurs de haute tension, ainsi que les phénomènes de pollution et leurs conséquences sur le transport de l'énergie électrique, et la sévérité de la pollution des sites.

L'objectif de deuxième chapitre est de présenter le principe de la logique floue et ces éléments de base pour traiter un phénomène quelconque.

Dans le troisième chapitre, nous présentons les techniques expérimentales. Pour cela, nous présentons l'équipement de la station d'essai à fréquence industrielle (50 Hz) du Laboratoire de Haute Tension de l'université de BISKRA. L'objet d'essai (l'élément réel) ainsi que l'application de la pollution de l'isolateur (remplissage) y sont également présentés.

Finalement, nous présenterons les résultats d'essais qui concernent la tension de contournement d'isolateur soumis à différentes contraintes à savoir les conductivités, les différents niveaux de pollution et le niveau de tension appliqué. Ainsi que l'application de la technique de la logique floue et une interprétation finale.

Enfin, nous terminons notre mémoire par une conclusion générale qui représente la synthèse globale de notre travail.



CHAPITRE I

Pollution des Isolateurs De Haute Tension

I.1 Introduction

Le rôle des isolateurs est de relier les conducteurs aux supports en assurant leur isolation électrique.

En effet, un bon choix de dimensionnement des isolateurs s'avère indispensable pour assurer la fiabilité et la qualité de l'isolement de haute tension. La pollution de ces isolateurs figure comme un vrai problème néfaste à leur bon fonctionnement. La tension de tenue des isolateurs peut diminuer considérablement à cause des dépôts polluants recouvrant leurs surfaces. Ils peuvent même conduire au contournement des isolateurs dans certains cas critiques [2].

Ce chapitre comporte deux parties. Dans la première partie, nous présentons l'importance des isolateurs. La deuxième partie est consacrée à l'étude des phénomènes de pollution.

I.2 Définitions**I.2.1 Isolateurs de haute tension**

L'isolateur est utilisé comme son nom l'indique pour l'isolement entre deux corps ou deux pièces sous différentes tensions pour empêcher les courts circuits, les pertes de courant et les charges d'électrocution. L'isolateur est un matériau solide, liquide ou gaz qui a une très grande résistance au passage du courant et dont la conductibilité est pratiquement nulle.

Les isolateurs des lignes aériennes ont deux fonctions principales. D'une part, ils permettent d'isoler électriquement les lignes de transport d'énergie électrique des pylônes mis à la terre, et d'autre part, ils ont un rôle mécanique qui consiste à soutenir ces mêmes lignes et donc résister aux différentes contraintes mécaniques dues surtout au poids de la ligne, son mouvement en présence de vent [2] (Photo. I.1).

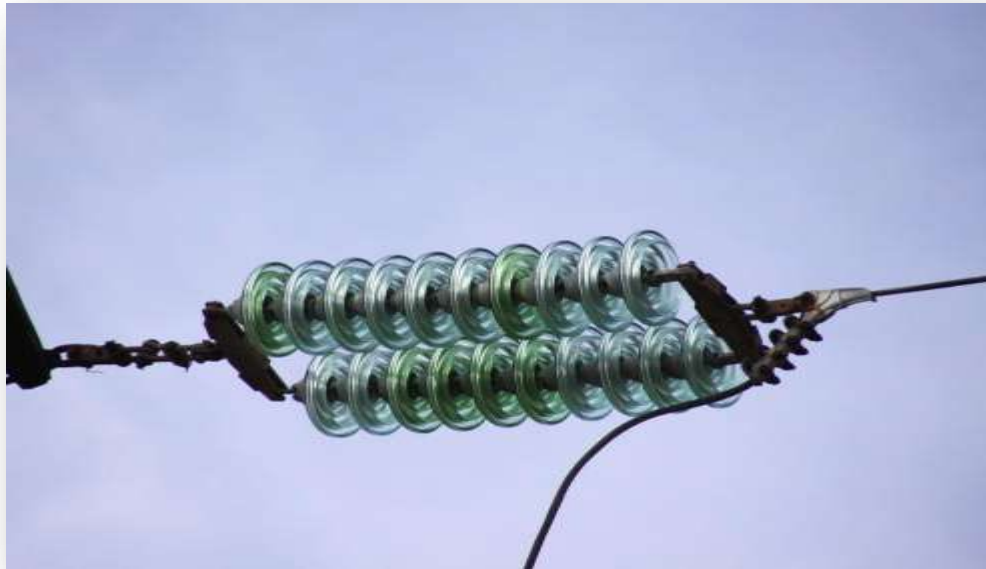


Photo. I. 1 Isolateur de haute tension

I.2.1.1 Types d'isolateurs

Selon les différentes façons d'utilisation et les conditions de fonctionnement des isolateurs, on distingue plusieurs types d'isolateurs.

I.2.1.1.1 Isolateurs rigides

Ce type d'isolateurs permet d'obtenir une liaison rigide entre le support et le câble. Il est constitué d'un ou plusieurs isolateurs encastrés et scellés entre eux. Ils sont fixés aux pylônes par des ferrures de différentes formes (Figure I.1). Ils sont montés sur pylônes soit d'une façon verticale, horizontale ou oblique (inclinée).

Ce type d'isolateurs est utilisé pour les lignes aériennes qui ne dépassent pas le niveau de tension de 60kV [3].

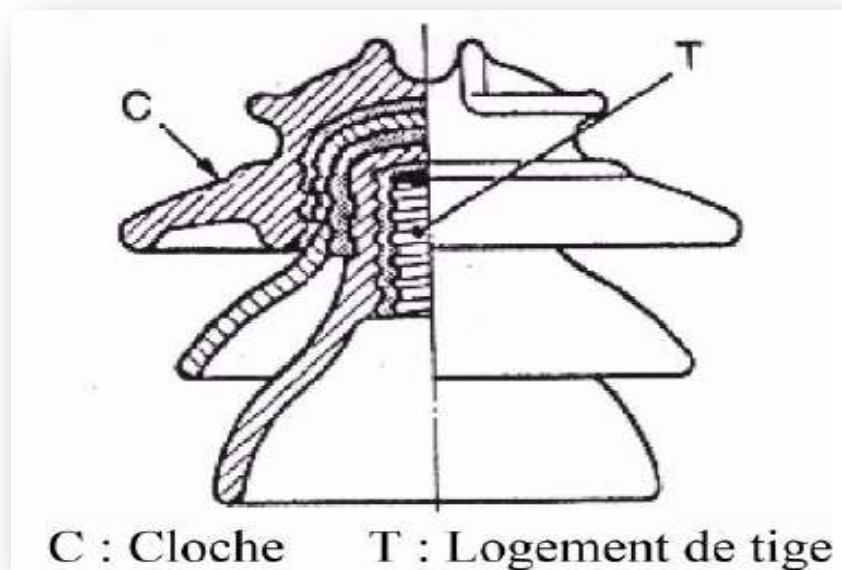


Fig. I. 1 Isolateur rigide [5].

I.2.1.1.2 Isolateurs suspendus ou éléments de chaîne

Ils sont constitués d'un matériau isolant et d'une pièce métallique qui sert à réaliser la liaison entre deux isolateurs et à donner une certaine flexibilité à la chaîne d'isolateurs [3,4].

La chaîne d'isolateurs est montée sur le pylône en suspension soit verticalement (chaîne d'alignement) soit d'une façon horizontale (chaîne d'ancrage). Il existe deux types principaux d'éléments de chaîne :

- Isolateur long fût.
- Isolateur capot et tige.

I.2.1.1.3 Isolateur long fût

Il est constitué d'un bâton cylindrique plein en céramique, en porcelaine ou en matériaux synthétiques, muni d'ailettes. A chaque extrémité, il y a une pièce métallique pour les liaisons [4].

Cette extrémité métallique peut se présenter sous deux formes distinctes, soit elle, enveloppé les extrémités tronconiques sur le cylindre (Figure I.2.1), soit en forme de tige scellée dans une cavité prévue à cet effet (Figure I.2.2) [3,5].

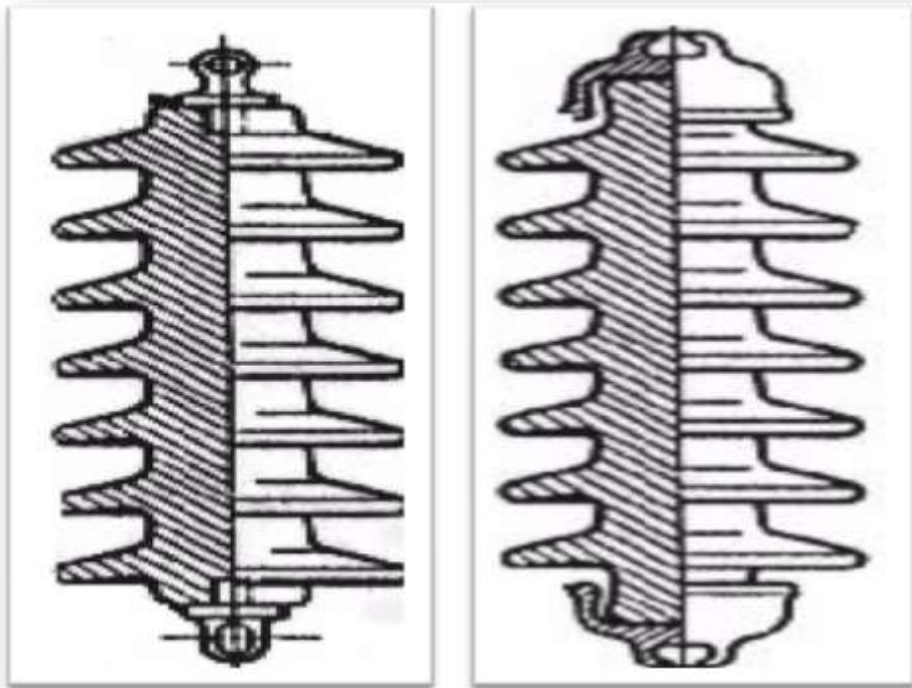


Fig. I. 2 Isolateur long fût.

I.2.1.1.4 Isolateur capot et tige

L'isolateur capot et tige est constitué d'un corps isolant qui porte à l'intérieur une tige en acier, où la tête conique de cette tige est scellée dans le matériau isolant, soit le verre, soit la porcelaine. L'extrémité supérieure de l'isolateur porte un capot scellé en fonte malléable.

Cette dernière est trouée de telle sorte qu'on peut faire entrer l'extrémité inférieure dans ce trou, et le scellement des éléments de chaîne capot et tige se fait de cette façon, où la partie inférieure de l'isolateur pénètre dans le capot de l'élément inférieur, en utilisant du ciment (Figure I.3) [5].

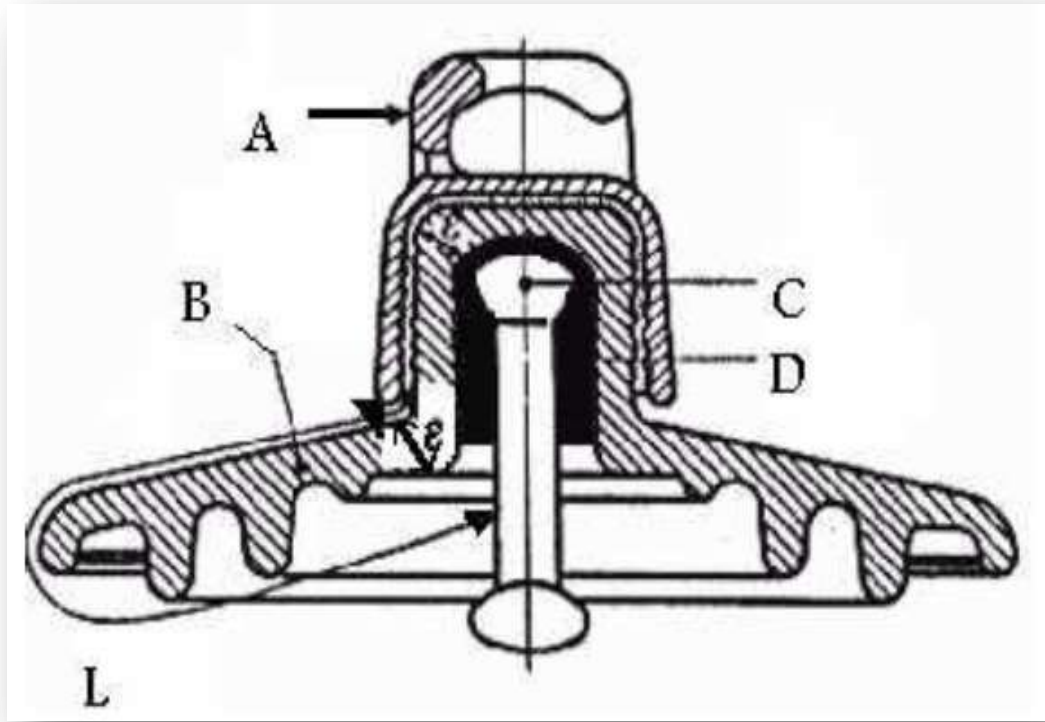


Fig. I. 3 Isolateur capot et tige.

A : le capot.

B : le diélectrique (verre trempé ou céramique).

C : la tige.

D : le ciment de fixation.

L : la plus courte distance dans l'air entre le capot et la tige.

ε : la longueur du canal de perforation, $\varepsilon \ll 1/2$.

a. Profil standard

La forme et les dimensions sont en accord avec la commission électrotechnique internationale (CEI 305 1978), à cause de leur planéité, les rainures internes bien espacées et la longueur de la ligne de fuite supérieure à la demande standard. Ce type est très utilisé dans les droites où règne une pollution moyenne (Photo. I.2) [3].



Photo. I. 2 Isolateur capot et tige avec profil standard.

b. Forme antibrouillard (forme A)

Son diamètre est plus grand que celui de celle du profil standard. Il est muni de deux ou trois rainures à grande profondeur. Le profil et les grands espacements des rainures permettent un auto-lavage par action de vent et de la pluie. Cette conception permet également un lavage manuel facile, si c'est nécessaire (Photo I.3) [3,5].



Photo. I. 3 Isolateur capot et tige de profil antibrouillard (forme A).

c. Profil antibrouillard (forme B)

Dans cette conception, l'épaisseur de la rainure extérieure agit comme une barrière contre, l'action du brouillard et de dépôt des sels minéraux sur la surface de l'isolateur, empêchant alors la formation d'un électrolyte conducteur sur la surface. Ce type d'isolateur est efficace dans les zones côtières (Photo. I.4) [2].



Photo. I. 4 Isolateur capot et tige de profil antibrouillard (forme B).

d. Profil plat

L'élimination complète des rainures internes réduit l'accumulation des agents polluants sur la surface basse, grâce au courant d'air. Cette conception est particulièrement efficace dans les zones désertiques où l'auto-lavage est peut fréquent par la pluie (Photo. I.5) [6].



Photo. I. 5 Isolateur capot et tige de profil plat.

e. Profil sphérique

La forme sphérique d'une longueur de fuite importante avec absence des rainures internes permet un lavage manuel facile et efficace (Photo. I.6) [6].



Photo. I. 6 Isolateur capot et tige de profil sphérique.

I.2.1.1.5 Chaîne d'isolateurs

Une chaîne d'isolateurs est constituée de plusieurs éléments de type capot et tige ou autres (Figure I.4), Ces éléments sont soumis principalement à des efforts de traction, Ils sont généralement utilisés en suspension et forment des chaînes d'isolateurs soit verticales (alignement), soit horizontale (ancrage) (Figure I.4) [7].

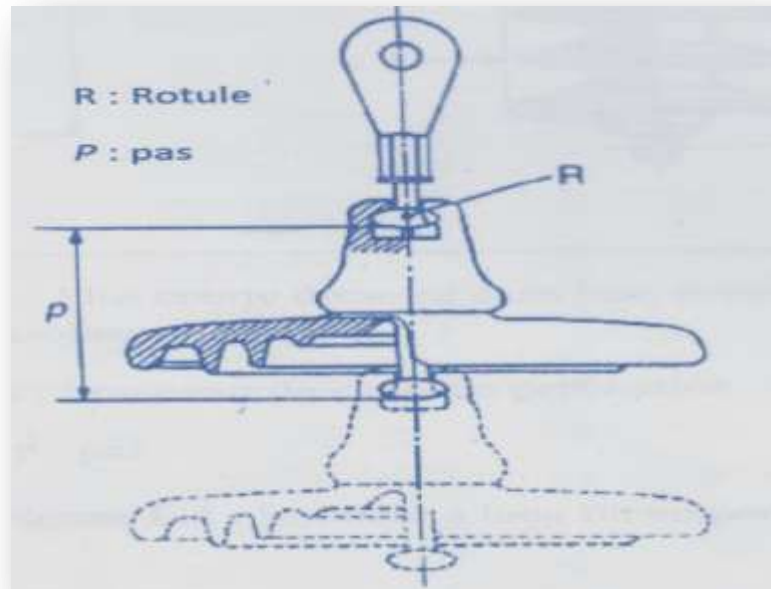


Fig. I. 4 Assemblage à rotule

I.2.1.2 Matériaux isolants utilisés pour la fabrication des isolateurs

On trouve plusieurs isolants solides qui peuvent être utilisés pour la fabrication des isolateurs de haute tension comme le verre, la céramique, la porcelaine, et les polymères.

Durant ces dernières années, la porcelaine est de plus en plus abandonnée à cause de deux inconvénients principaux qui sont : le poids lourd d'isolateurs et la difficulté de détection des amorçages. Actuellement, on s'intéresse, plutôt, à l'utilisation des isolateurs en matériaux polymères.

I.2.1.2.1 Céramique

Le développement et la fabrication des céramiques datent depuis longtemps à cause de leurs performances. Pour les isolateurs installés dans des lieux où il y a des contraintes mécaniques très importantes, on utilise de préférence la céramique à grains très fins.

Souvent, on trouve la céramique dans les postes : isolateurs supports, couverture isolante des sectionneurs, des disjoncteurs, des transformateurs de potentiel, des bornes de traversées des transformateurs de puissance,...etc. [6].

I.2.1.2.2 Le verre

Outre son bas prix, le verre présente l'avantage de permettre de détecter les défauts par une simple observation [8].

On trouve deux types de verre pour la fabrication des isolateurs : le verre trempé et le verre recuit.

a. Le verre trempé

La résistance à la traction du verre trempé est environ 5 à 6 fois plus grande que le verre recuit et peut supporter des variations brusques de température pouvant atteindre 100° C [8].

b. Le verre recuit

Le verre recuit est utilisé pour la fabrication d'isolateurs rigides, mais présente cependant des inconvénients. Parmi ces inconvénients, nous citons le fait qu'il ne résiste pas aux variations brusques de température et qu'il ne supporte que des tensions mécaniques relativement faibles et c'est pour cette raison qu'il n'est pas utilisé pour la fabrication des isolateurs de suspension [9].

I.2.1.2.3 Matériaux synthétiques

Les isolateurs en matériaux synthétiques sont composés d'un centre en fibres de verre imprégnées d'une résine et d'un revêtement à ailettes de type élastomère. Leur avantage est qu'ils sont légers et présentent une grande résistance mécanique (Fig. I.5) [3, 4,5].

Ils ont de bonnes propriétés hydrophobes et peuvent être utilisés dans des conditions de pollution très sévères (Photo. I.7) [3]. L'inconvénient de ces isolateurs est le vieillissement sous l'effet des différentes contraintes auxquelles ils sont soumis (électriques, mécaniques, atmosphériques...) (Photo. I.8) [3].

A : pièce d'accrochage métallique.

B : noyau en fibre de verre-résine.

C : revêtement à ailettes en matériaux synthétiques.

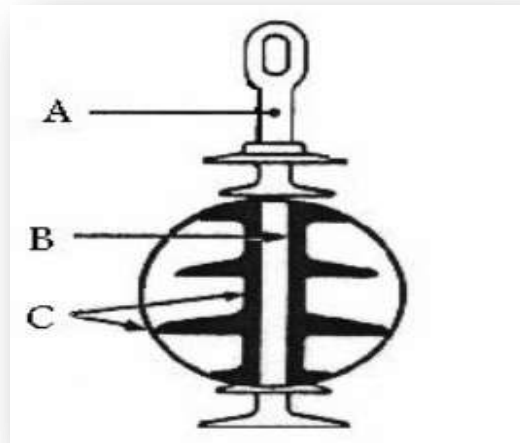


Fig. I. 5 Isolateur composite.

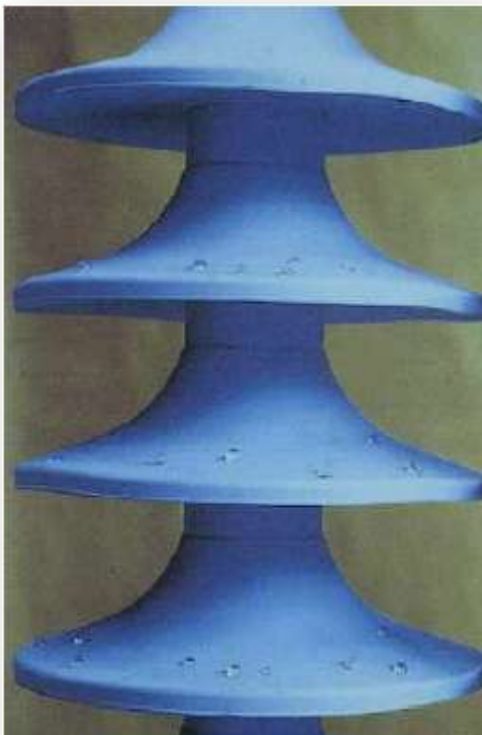


Photo. I. 8 Matériau synthétique.

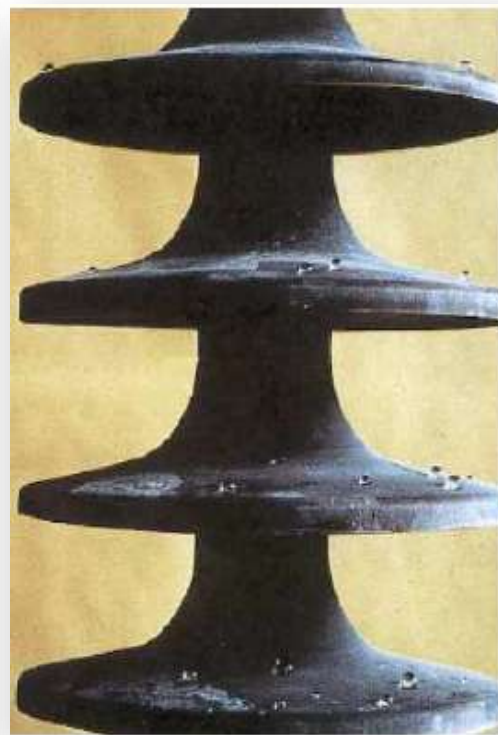


Photo. I. 7 Vieillessement de matériau.

I.2.2 Contournement

On dit que le contournement se produit sur la surface de l'isolateur lorsqu'une décharge électrique s'établit entre ses extrémités et contourne la surface de l'isolateur.

Le contournement provoque l'ouverture du disjoncteur, car il établit un court-circuit entre le conducteur et le pylône (défaut monophasé à la terre) (Photo. I.9).

Le contournement cause habituellement l'interruption momentanée de l'écoulement de l'énergie dans le réseau [10].

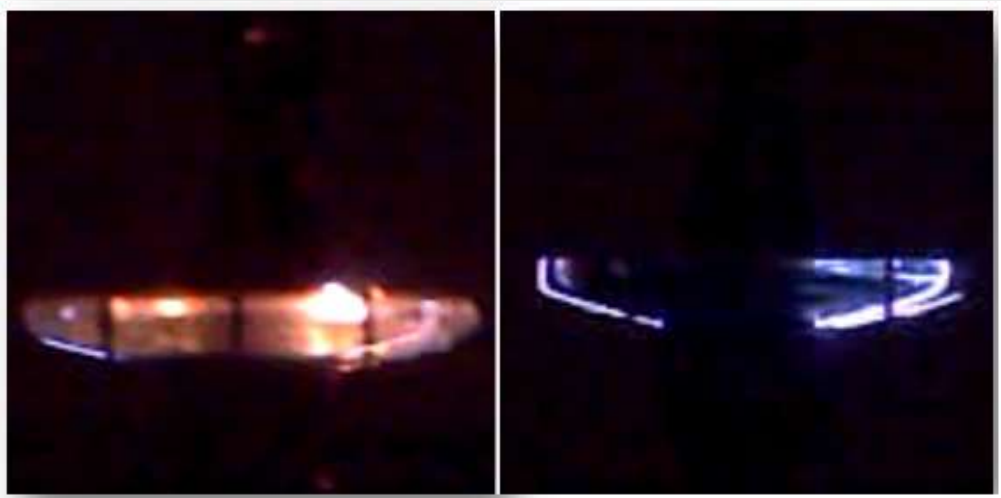


Photo. I. 9 Contournement.

I.2.2.1 Déroulement du contournement**Phase 1 : dépôt de pollution**

La pollution désertique est due principalement par la tempête du sable porté par le vent et déposé à la surface de l'isolateur.

Les particules du dépôt sont apportées par le vent et se concentrent entre les nervures ou autour du capot. Les facteurs d'accumulation sont les suivants : la nature, le poids et la taille des particules polluantes, la distance de l'isolateur par rapport à la source de pollution et par rapport au sol, la vitesse du vent et l'orientation de la chaîne (Figure. I.6).

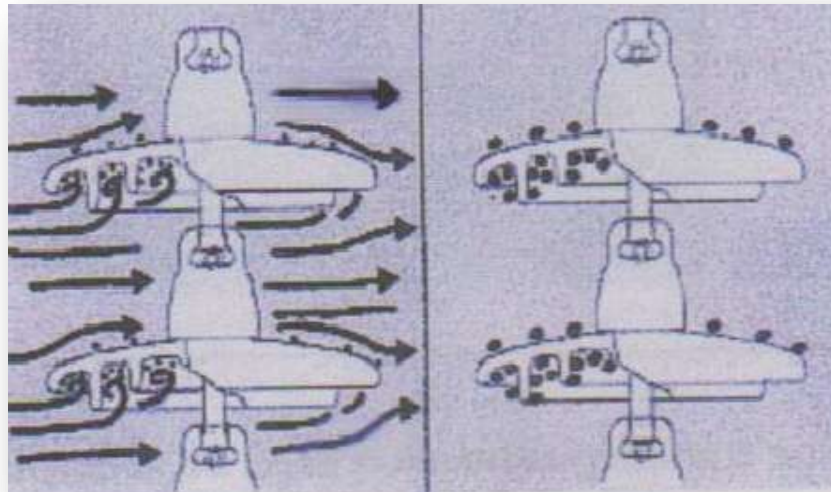


Fig. I. 6 Dépôt et évolution de l'agent polluant.

Phase 2 : Formation d'un électrolyte conducteur

Le brouillard et la pluie fine humidifient la couche polluante, provoquant la dissolution des sels contenus dans le dépôt. Quand la couche de pollution devient humide (brouillard, humidité, rosée du matin, pluie fine...), elle se transforme en électrolyte conducteur et donne naissance à un courant de fuite superficiel If circulant sur la surface de l'isolateur (Figure I.7) [10].

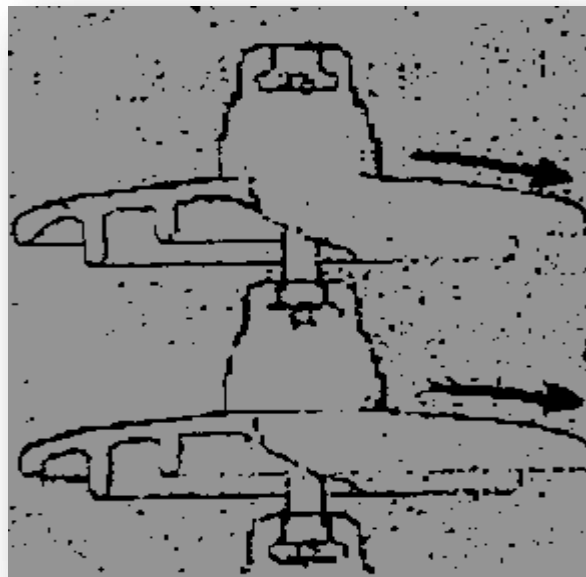


Fig. I. 7 Humidification du dépôt polluant et création d'un courant de fuite.

Phase 3 : formation d'une bande sèche

Dans les régions étroites de l'isolateur, où la densité de courant est élevée, une partie de l'électrolyte s'évapore et crée une bande sèche (Figure I.8) [10].

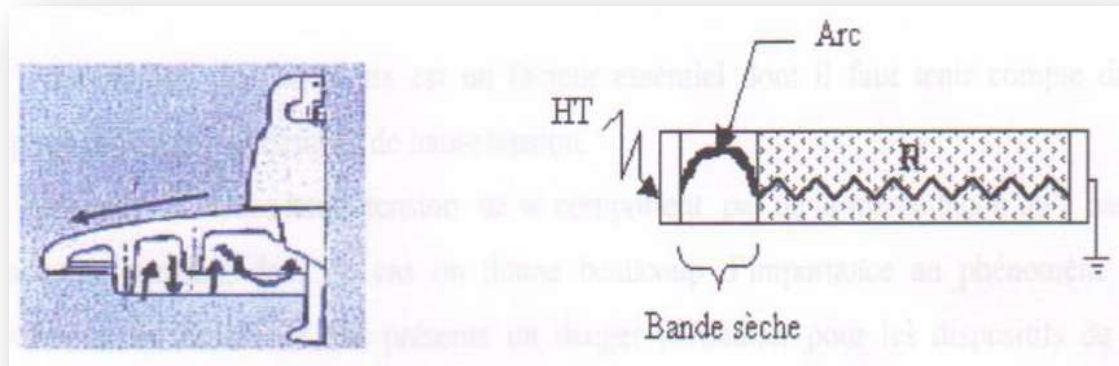


Fig. I. 8 Arc et bande sèche.

Phase 4 : contournement

Comme la résistance de la bande sèche est beaucoup plus grande par rapport au reste de l'électrolyte, pratiquement toute la tension aux bornes de l'isolateur est maintenant appliquée aux extrémités de cette zone. Il se produit alors un claquage dans la bande sèche :

- Soit la décharge s'éteint → pas de contournement
- Soit la décharge progresse sur la surface → contournement de l'isolateur

(Figure I.9) [11].

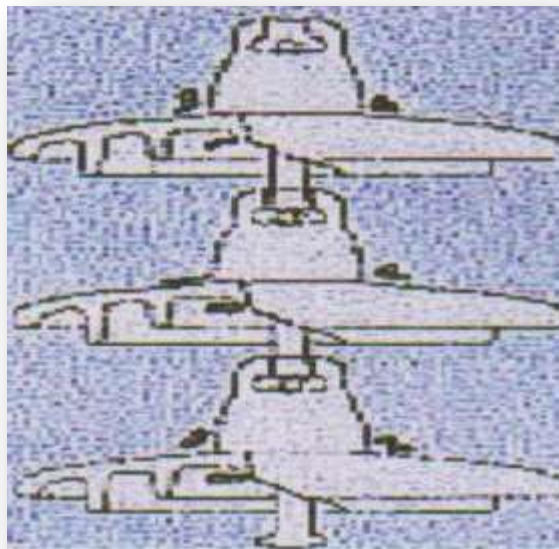


Fig. I. 9 Régime d'arc sous pollution.

I.2.3 Tension de contournement

C'est le niveau de tension le plus bas au-delà duquel des arcs électriques joignent les deux électrodes [11].

I.2.4 Courant de fuite

C'est un courant de faible amplitude circulant à travers la couche polluante humectée le long de la surface isolante. Il est de type électrolytique et peut être un courant résistif pour une isolation totalement polluée, ou un courant capacitif dans le cas d'une isolation parfaitement propre [8].

I.3 l'influence de pollution sur les isolateurs

La pollution est un phénomène qui agit négativement sur le comportement des isolateurs de haute tension. C'est un paramètre important à prendre en considération lors du choix et du dimensionnement des chaînes d'isolateurs.

La pollution provoque la formation d'une couche sur la surface des isolateurs. Ces couches de pollution, quand elles sont humidifiées, réduisent considérablement la résistivité des isolateurs ce qui conduit à la diminution de leur tension de tenue.

Notons que cette couche de pollution n'est pas homogène et sa distribution n'est pas uniforme. La non-homogénéité est due à la présence de différents agents polluants dans une même région, et la non-uniformité de la répartition sur les surfaces des isolateurs est due aux profils des isolateurs, le sens et la direction des vents dans cette région, la pluie, la position de la chaîne d'isolateurs par rapport au sol (verticale, horizontale, inclinée), la position de l'isolateur dans la chaîne, le degré de pollution du site où se trouvent les isolateurs ainsi que la surface inférieure ou supérieure de l'isolateur [3,4].

I.4 Formation des couches polluantes sur les isolateurs

La disposition des isolateurs dans les lignes forme un obstacle à l'écoulement d'un air transportant de la poussière. Une couche de pollution se développe progressivement sur la surface de l'isolateur. Ces couches peuvent engendrer une diminution considérable de la résistivité superficielle des surfaces isolantes, et par suite, la diminution de la tension de tenue des isolateurs [12].

La disposition de la pollution dépend de la position de la chaîne (verticale, horizontale ou inclinée), et le profil de l'isolateur. Généralement, la pollution se concentre sur les éléments de la chaîne situés près de la borne haute tension, et dans les parties protégées contre les facteurs d'auto-nettoyage [13].

I.5 Sources de pollution

Nous distinguons trois sortes de pollutions : la pollution naturelle, industrielle et mixte.

I.5.1 Pollution naturelle

La pollution naturelle provient de sels marins dans des régions côtières, de poussières du sol (notamment lors de chantiers importants), de sables véhiculés par le vent en régions désertiques [5].

I.5.1.1 Pollution marine

Les lignes de haute tension qui passent près de la mer dans les zones côtières sont exposées au vent qui vient de la mer et qui porte des embruns causant la formation d'une couche polluante de sel sur les surfaces des isolateurs. Cette couche peut devenir conductrice lorsqu'elle est humidifiée ou mouillée ce qui conduit à la circulation d'un courant de fuite et par suite, la génération d'arcs électriques ou même la génération d'un contournement [3,5].

I.5.1.2 Pollution désertique

Parmi les phénomènes qui caractérisent la nature désertique, les vents de sable. Malheureusement, après ces vents, des dépôts de sable se déposent sur les surfaces des isolateurs. Lorsque ces dépôts seront humidifiés, les couches de sable deviennent plus ou moins conductrices à cause de l'existence de sels dans le sable [14]. Engendrant ainsi une diminution de la résistance superficielle des isolateurs.

I.5.2 Pollution industrielle

Le problème de la pollution industrielle se présente pour les lignes qui passent près des zones industrielles (les fumées des usines, raffineries, cimenteries, minerais etc.), près des grandes villes (les gaz d'échappement des véhicules) ou près des terrains agricoles (les engrais utilisés en agriculture) [4].

Cette pollution peut aussi être d'origine domestique, quant il s'agit des facteurs tels: fumées et gaz résultant des moyens de réchauffement des habitations ou de moyens de transport [15].

Les isolateurs recouvrent peu à peu de poussières résultant des fumées dégagées par ces dernières, et qui sont faiblement conductrices, mais hygroscopique, à la présence d'une humidité intense. Le sel contenu dans ces poussières abaisse considérablement la résistivité superficielle des isolateurs [15].

I.5.3 Pollution mixte

Ce type de pollution est le plus dangereux, elle est la résultante de l'existence de différents types de pollution dans la même zone, comme les zones industrielles dans des régions côtières [2].

I.6 Conséquences de la pollution

Les couches polluantes qui s'accumulent à la surface des isolateurs engendrent une conductivité électrique superficielle. Celle-ci modifie la répartition du potentiel le long de la ligne de fuite. La tension de rupture diélectrique de l'air peut être atteinte entre deux points de la surface isolante entraînant l'amorçage d'un arc électrique qui court-circuite une partie de la ligne de fuite.

Selon les conditions auxquelles est soumis l'isolateur, trois cas peuvent se présenter [3,13] :

I.6.1 Arc non localisé

L'arc électrique s'éteint rapidement, puis se réamorçe à un autre endroit et ainsi de suite. Ces arcs peuvent être dus soit à la formation d'une zone sèche à la suite du passage d'un courant de fuite, comme ils peuvent être dus à l'état de surface de l'isolateur, (l'existence des pics sur la couche de pollution) [6].

I.6.2 Arc fixe

L'arc électrique se fixe sur la surface de l'isolateur, soit en s'y maintenant (Courant continu) soit, en se réamorçant au même endroit (courant alternatif). Cet arc peut entraîner, par effet thermique, une dégradation du support isolant de l'élément défailant [6].

I.6.3 Contournement

Le phénomène de contournement des isolateurs pollués résulte de la combinaison de plusieurs paramètres, soumis à la tension de service, comprenant la formation d'une couche électrolytique conductrice par humidification du dépôt de pollution sur la surface de l'isolateur. Ce qui entraîne l'apparition d'un courant de fuite accompagné de la formation d'une bande sèche et d'arcs partiels, et la propagation de l'arc qui peut couvrir tout l'isolateur [6].

I.7 Sévérité de pollution d'un site

Le dimensionnement de l'isolation externe vis-à-vis de la pollution pose un certain nombre de problèmes spécifiques. L'un des plus fondamentaux est la détermination de la sévérité de la pollution là où l'isolation doit être installée [16].

La mesure de cette sévérité est indispensable pour assurer un service sans défaillance dans un site pollué.

On peut classer les degrés de la pollution suivant quatre niveaux selon la CEI 81-5 qui sont: faible, moyenne, forte et très forte (Tableau. I.1) [3].

Tableau I.1 Classement de degré de pollution selon CEI 815[3].

<p>Faible 2.5 g/l. [17]</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Zones sans industries et avec faible densité d'habitations équipées d'installation de chauffage ➤ Zones avec faible densité d'industries ou d'habitions mais soumise fréquemment aux vents et/ou pluies. ➤ Régions agricoles. ➤ Régions montagneuses.
<p>Moyenne 10 g/l. [17]</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Zones avec industries ne produisant pas de fumées particulièrement polluantes et/ou avec une densité moyenne d'habitation équipée d'installation de chauffage. ➤ Zones à forte densité d'habitation et/ou d'industries mais soumises fréquemment à des chutes de pluies. ➤ Zones exposées aux vents de mer, mais trop proches de la cote.
<p>Forte 80 g/l. [17]</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Zones avec forte densité d'industries et banlieues de grandes villes avec forte densité d'installation de chauffage polluantes. ➤ Zones situées près de la mer, ou en tout cas exposées à des vents relativement forts venant de la mer.

Très forte 160 g/l.
[17]

- Zones généralement peu étendues, soumises à des fumées industrielles produisant des poussières conductrices.
- Zones généralement peu étendues, très proches de la cote et exposées aux embruns ou au vent fort et polluant venant de la mer.
- Zones désertiques caractérisées par de longues périodes sans pluie, exposées aux vents forts transportant de sable et du sel soumis à une condensation régulière.

I.8 Conclusion

Nous avons vu dans ce chapitre l'intérêt des isolateurs de haute tension dans les réseaux électrique et leurs types qui dépendent à l'utilisation.

Puis on a discuté l'influence du facteur « **Pollution** », Cela provient du fait que la pollution des isolateurs constitue un sérieux problème pour l'exploitation des réseaux de haute tension. Qu'elle a plusieurs sources (naturelle, industrielle, mixte), qui peut diminuer « **la tension de contournement** » considérablement, provoquant des incidents très graves.

Le chapitre suivant sera consacré pour la méthode de l'intelligence artificielle « **la logique floue** » où nous expliquons les éléments les plus importants pour prédire les phénomènes que nous traitons.



CHAPITRE II

La Logique Floue

II.1 Introduction

La logique floue s'affirme comme une technique opérationnelle. Utilisée à côté d'autres techniques de contrôle avancé, elle fait une entrée mais appréciée dans les automatismes de contrôle industriel. La logique floue ne remplace pas nécessairement les systèmes de régulation conventionnels. Elle est complémentaire. Ses avantages viennent notamment des ses capacités à [18]:

- formaliser et simuler l'expertise d'un opérateur ou d'un concepteur dans le conduit et le réglage d'un procédé.
- donner une réponse simple pour les procédés dont la modélisation est difficile. prendre en compte sans discontinuité ou exceptions de natures différentes, et les intégrer au fur et à mesure dans l'expertise.
- prendre en compte plusieurs variables et effectuer de la « fusion pondérée » des grandeurs d'influences.

II.2 Historique de la logique floue

Les dates importantes relatives au développement des techniques floues sont [19] :

- 1965** Le Prof. L. A. Zadeh de l'Université de Berkeley (Californie), introduit
La théorie des sous-ensembles flous,
- 1972** Zadeh et Change posant le principe de base de la régulation floue,
- 1973** Kaufmann présente la notion d'ensemble floue en France,
- 1975** Mamdani développe le premier régulateur flou sur un générateur de vapeur

Fin des années 70:

- Zadeh introduit la théorie des possibilités, puis Duois & Prade le développement,
- Zadeh introduit la logique floue,
- Beaucoup d'applications du régulateur flou en Europe, puis baisse d'intérêt,

A partir de 1980: développement des études sur les ensembles floue en Europe,

A partir de 1985: grand développement des applications des régulateurs flous au Japon.

II.3 Théorie des ensembles flous

II.3.1 Notion d'appartenance partielle

Dans la théorie des ensembles, un élément appartient ou n'appartient pas à un ensemble. La notion d'ensemble est à l'origine de nombreuses théories mathématiques. Cette notion essentielle ne permet cependant pas de rendre compte de situations pourtant simples et rencontrées fréquemment. Parmi des fruits, il est facile de définir l'ensemble des pommes. Par contre, il est sera plus difficile de définir l'ensemble des pommes mûres.

On conçoit bien que la pomme mûrit progressivement la notion de pomme mûre est donc graduelle. C'est pour prendre en compte de telles situations qu'a été créée la notion d'ensemble flou. La théorie des ensembles flous repose sur la notion d'appartenance partielle : chaque élément appartient partiellement ou graduellement aux ensembles flous qui ont été définis [18].

II.3.2 variable linguistique

L'ensemble de référence d'un mot de langage naturel s'appelle l'univers du discours. L'univers du discours d'un mot est un ensemble de termes qui évoquent le même concept mais à degrés différents.

Une variable linguistique représente un état dans le système à régler ou une variable d'un réglage dans un contrôleur flou. Sa valeur est définie dans des termes linguistiques qui peuvent être des mots ou des phases d'un langage naturel ou artificiel.

Chaque variable linguistique est caractérisée par un ensemble tel que [7] :

$$\{x, T(x), U, G, M\}$$

Où :

- x est le nom de la variable,
- $T(x)$ est l'ensemble des valeurs linguistiques que peut prendre x ,
- U est l'univers du discours associé avec la valeur de base,
- G est la règle syntaxique pour générer les valeurs linguistiques de x ,
- M est la règle sémantique pour associer un sens à chaque valeur linguistique.

II.3.3 Fonction d'appartenance

Un ensemble flou est défini par sa fonction d'appartenance, qui correspond à la notion de la fonction caractéristique en logique Classique.

Supposons que nous voulions définir l'ensemble des personnes de taille moyenne. En logique classique, nous conviendrons par exemple que les personnes de taille moyenne sont celles dont la taille est comprise entre 1.60m et 1.80m. la fonction caractéristique de l'ensemble donne « 0 » pour les tailles hors de l'intervalle [1.6m ,1.8m] et « 1 » dans cet intervalle. L'ensemble flou des personnes de taille moyenne sera défini par une fonction d'appartenance qui diffère d'une fonction caractéristique par le fait qu'elle peut prendre n'importe quelle valeur dans l'intervalle [0,1] à chaque taille possible correspondra un degré d'appartenance à l'ensemble des tailles moyennes compris entre 0 et 1.

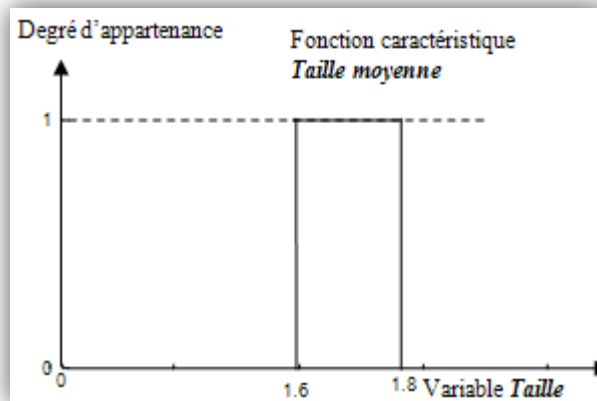


Fig. II.1 Fonction caractéristique.

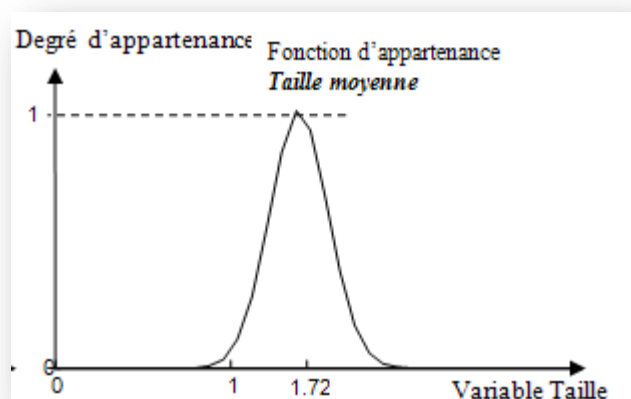


Fig. II.2 Fonction d'appartenance.

Plusieurs ensembles flous peuvent être définis sur le même variable, par exemple les ensembles taille petite, taille moyenne, taille grande.

Cet exemple montre la gradualité que permet d'introduire la logique floue. Une personne de 1.60m appartient à l'ensemble taille moyenne avec un degré de 0.3 et à l'ensemble taille petite avec un degré de 0.7. En logique classique le passage de petite à moyenne serait brusque. Le variable (par exemple : taille) ainsi que les termes (petite, moyenne, grande) définis par les fonctions d'appartenance portent les noms de variable linguistique et de termes linguistiques [18].

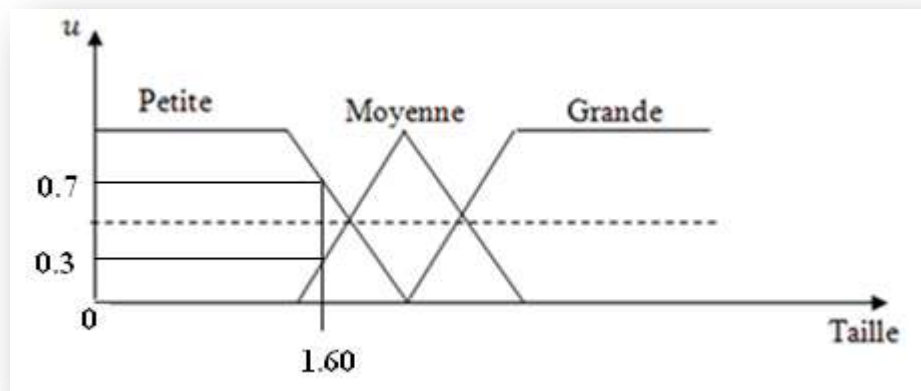


Fig. II.3 Fonction d'appartenance, variable et terme.

▪ Définition

Un ensemble flou A dans X est défini par une fonction d'appartenance qui associe à chaque élément x de X , le degré $u_A(x)$, compris entre 0 et 1 avec lequel x appartient A . Donc un ensemble flou peut être représenté par un ensemble de paires ordonnées :

$$A = \{(x, u_A(x)) / x \in X\} \quad (\text{II.1})$$

Tel que : $u_A(x)$ La fonction d'appartenance d'un variable x .

X : est appelé l'univers de discours il peut contenir des valeurs continues ou discrètes.

Notation:

$$\text{Si } X \text{ est discret : } A = \sum u_A(x) / x \quad (\text{II.2})$$

$$\text{Si } X \text{ est continu : } A = \int u_A(x) / x \quad (\text{II.3})$$

Tel que : X est l'univers de discours ou l'intervalle de variation de variable x

On utilise pour les fonctions d'appartenance les fonctions suivantes :

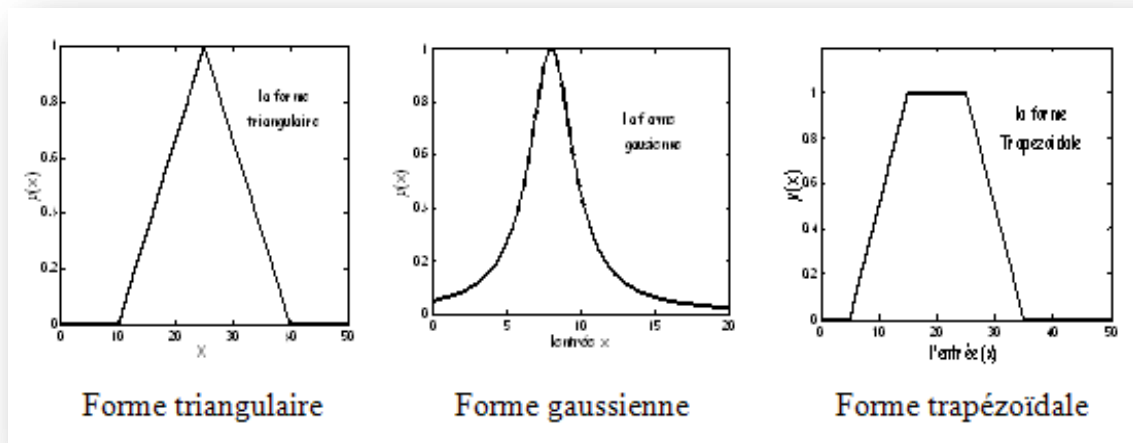


Fig. II. 4 Les différentes formes des fonctions d'appartenance.

II.3.4 Opérateurs logiques flous

Ces opérateurs permettent d'écrire des combinaisons logiques entre notions floues, c'est-à-dire de faire des calculs sur des degrés de vérité. Comme pour la logique classique, on peut définir des opérateurs ET, OU, négation [18].

▪ Intersection

L'opérateur logique correspondant à l'intersection d'ensemble est le ET, le degré de vérité de la proposition (A et B) est le minimum des degrés de vérité de A et de B, noté par $A \cap B$, est définie par :

$$u(A \text{ ET } B) = \text{MIN}(u(A), u(B)) \quad (\text{II.4})$$

▪ Union

L'opérateur logique correspondant à union d'ensemble est le OU le degré de vérité de la proposition (A ou B) est le maximum des degrés de vérité de A et de B est définie par :

$$u(A \text{ OUB}) = \text{MAX}(u(A), u(B)) \quad (\text{II.5})$$

▪ Complément

L'opérateur logique correspondant au complément d'un ensemble est la négation est définie par:

$$u(\text{NON } A) = 1 - u(A) \quad (\text{II.6})$$

Des exemples sur les opérations sont représentés sur la (figure II.5).

L'intersection de A et B, noté par (a). Les opérations minimum, maximum et complémentation à 1 ont été choisies pour définir respectivement l'intersection, l'union et le complément d'ensembles flous Parce qu'ils préservent presque toute la structure de la théorie classique des ensembles.

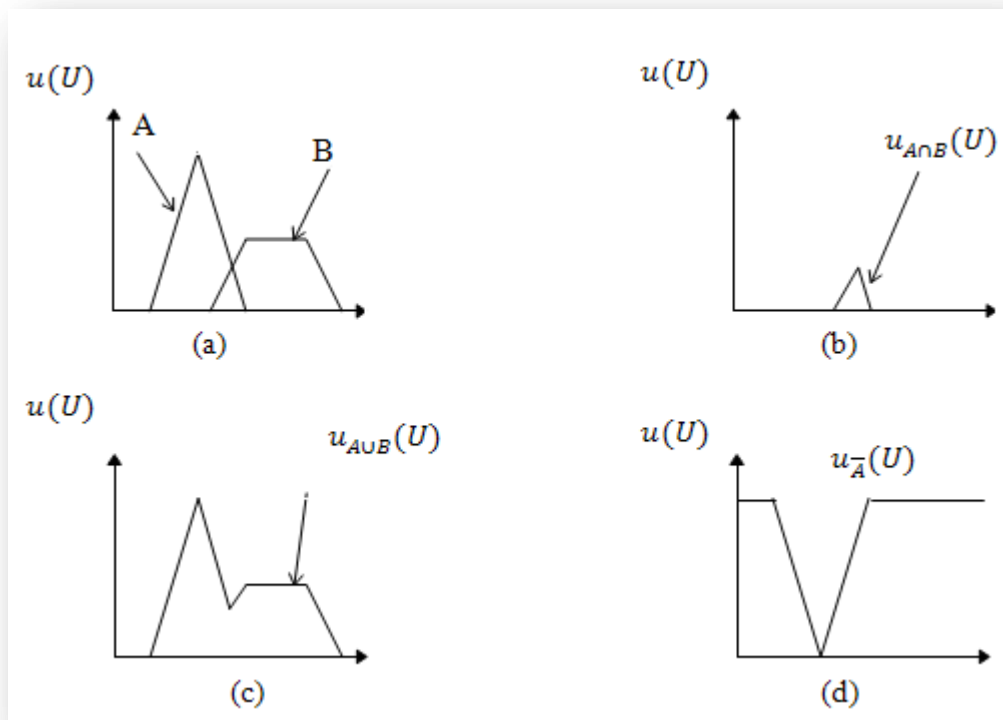


Fig. II. 5 Les différents opérateurs de la logique floue.

II.3.5 Règles linguistique

L'idée principale des systèmes basés sur la logique floue est d'exprimer la connaissance humaine sous la forme linguistiques de forme de Si... alors...

Chaque règle a deux parties :

- Partie antécédente (prémisse ou condition), exprimée par Si...
- Partie conséquente (conclusion), exprime par Alors...

La partie antécédente est description de l'état du système. La partie conséquent exprime l'action que l'opérateur qui contrôle le système doit exécuter .chaque règle floue est basée sur l'implication floue.

Il y a plusieurs formes de règles Si ... Alors ... la forme générale est :

Si (un ensemble de condition est satisfait) alors (un ensemble de conséquences peut être exécuté).

Zadeh a été le premier à introduire la notion de règle floue sous la forme [7]:

Règle : Si x est A, alors y est B.

Exemple

Supposons qu'une règle linguistique du contrôle d'un système est :

Si la température est grande, alors la pression doit être petite.

Il est évident que la forme de cette règle est :

Si x est A, alors y est B

Où la température (x) et la pression (y) sont les variables linguistiques d'entrée et de sortie respectivement. La partie antécédente : Si la température est grande représente l'état du système à régler et la partie conséquente exprime l'action à exécuter par l'opérateur (dans ce cas il va diminuer la pression). Grande (A) et petite (B) sont les valeurs linguistique caractérisées par des fonctions d'appartenance dans les univers du discours des variables linguistiques x et y respectivement.

II.3.6 Mécanisme d'inférence flou

II.3.6.1 Principe

Une base de règles floues comprend donc les règles linguistiques qui faisant appel à des fonctions d'appartenance figure (II.6). Le mécanisme d'inférence comprend les étapes suivantes :

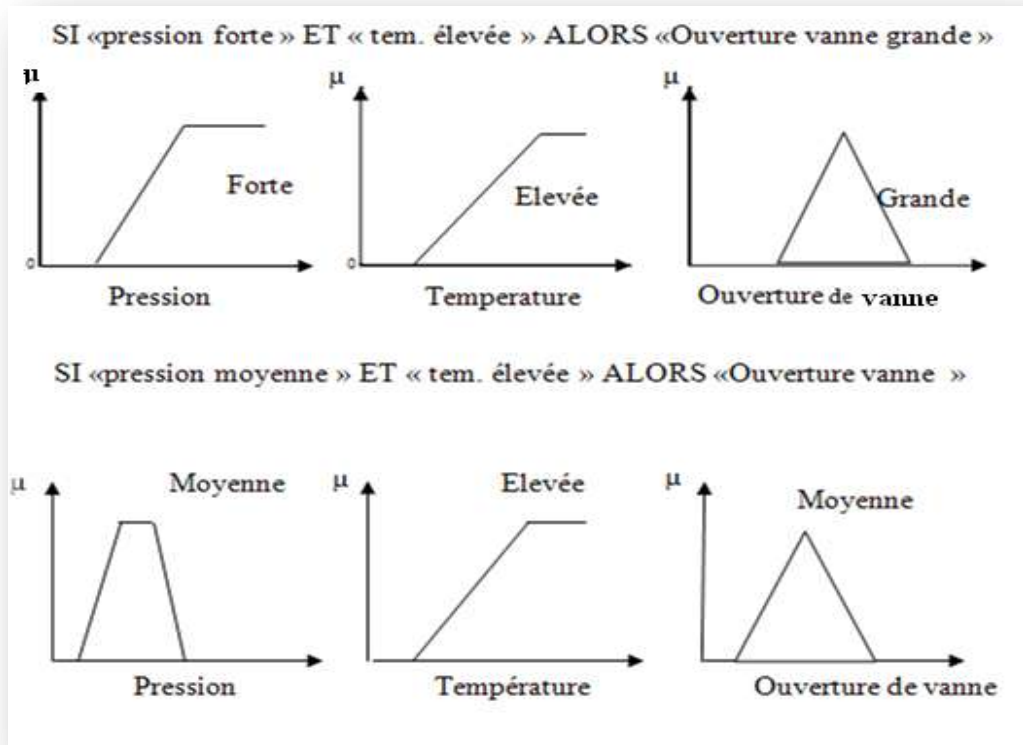


Fig. II. 6 Implication.

II.3.6 .2 Fuzzification

IL s’agit de la conversion analogique/ numérique, ainsi que du traitement de grandeurs mesurées et de leur transformation en valeur linguistique avec des définitions des fonctions d’appartenance [20].

II.3.6.3 Degré d’activation

Le degré d’activation d’une règle est l’évaluation des prédicats de chaque règle par combinaison logique des propositions du prédicat [18].

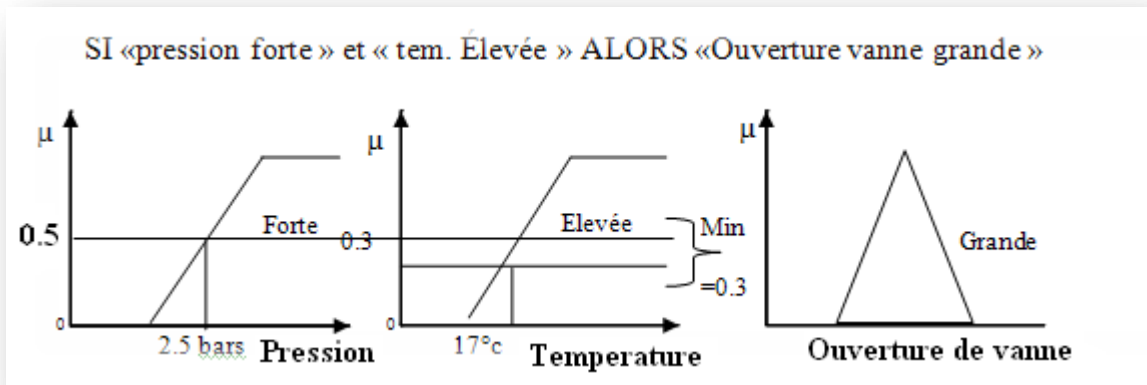


Fig. II. 7 Degré d’activation.

II.3.6.4 Implication

Le degré d'activation de la règle permet de déterminer la conclusion de la règle, c'est l'implication. Il existe plusieurs opérateurs d'implication, mais le plus utilisé est le minimum «ET». L'ensemble de conclusion est construit en réalisant le minimum entre le degré d'activation et la fonction d'appartenance [18].

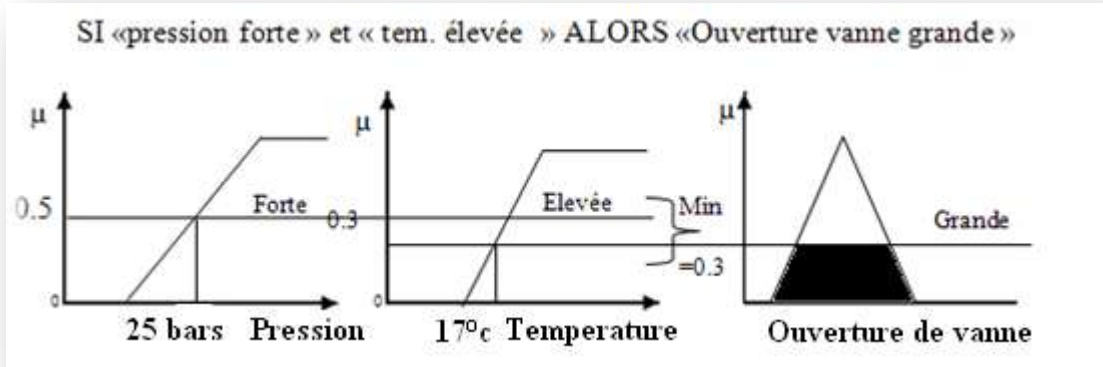


Fig. II. 8 Implication.

II.3.6.5 Agrégation

L'ensemble flou global de sortie est construit par agrégation des ensembles flous obtenus par chacune des règles concernant cette sortie. Les règles sont liées entre eux par un opérateur logique «OU», on calcule donc le maximum entre les fonctions d'appartenance résultant de chaque règle [18].

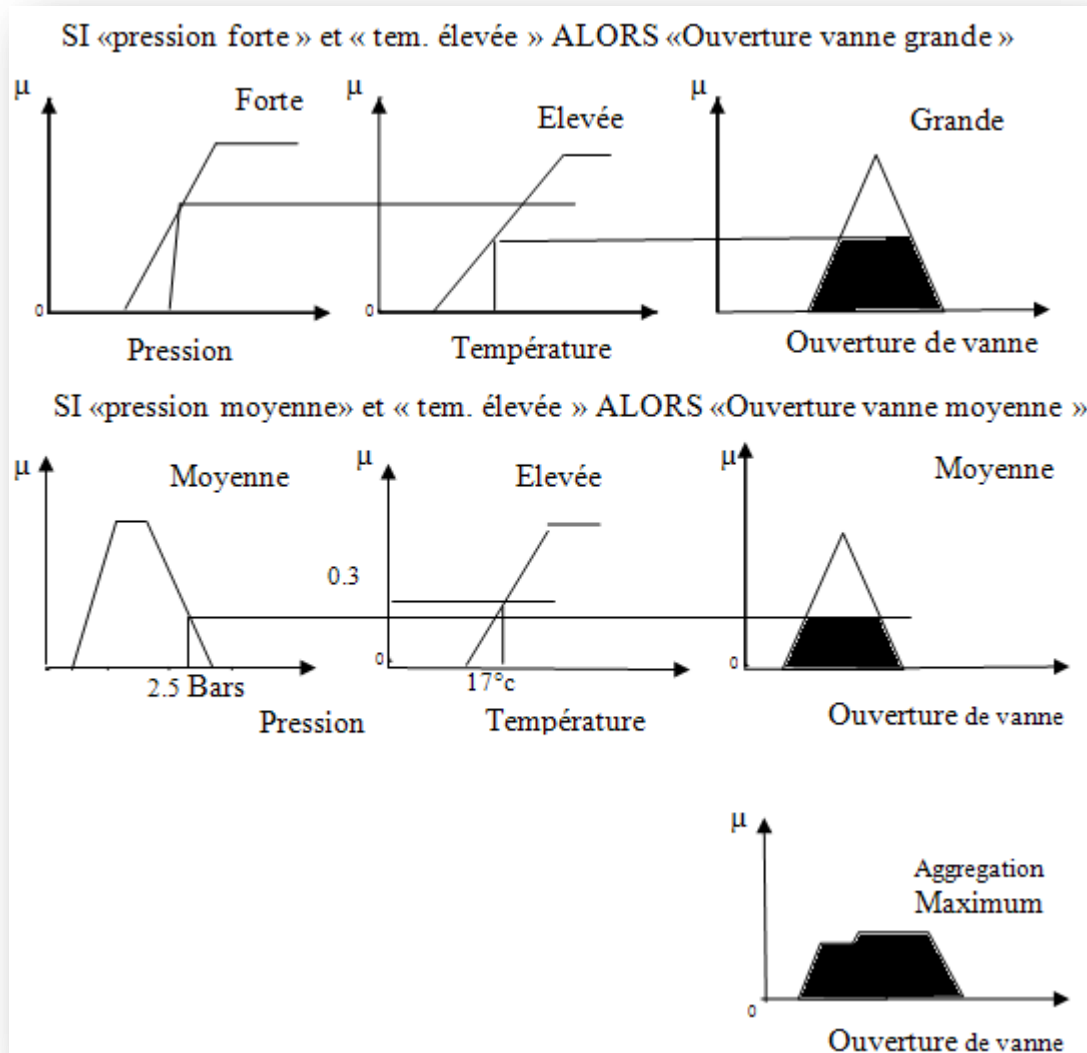


Fig. II. 9 Agrégation de règle.

II.3.6.6 Défuzzification

A la fin de l'inférence, l'ensemble flou de sortie est déterminé mais il n'est pas directement utilisable pour donner une information précise à l'opérateur ou commander un actionneur. Il est nécessaire de passer d'une valeur floue à une valeur numérique, c'est la défuzzification [18].

Les méthodes les plus utilisées sont :

II.3.6.6.1 Méthode du centre de gravité

La méthode du centre de gravité est une des méthodes les plus mentionnées dans la littérature. L'abscisse du centre de gravité peut être déterminée en utilisant la formule générale [7] :

$$x = \frac{\int_{x_0}^{x_1} xu(x)dx}{\int_{x_0}^{x_1} u(x)dx} \quad (\text{II.17})$$

L'intégrale au dénominateur donne la surface, tandis que l'intégrale au numérateur correspond au moment de la surface.

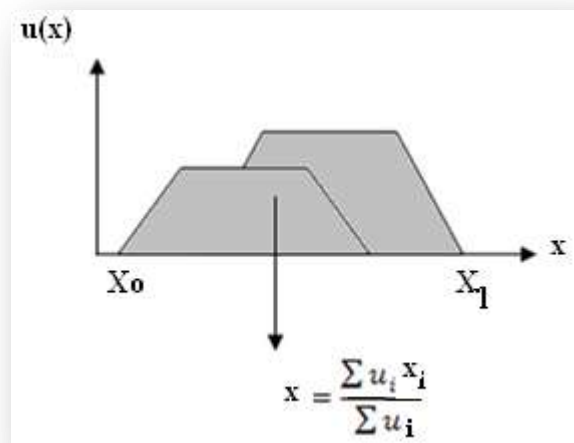


Fig. II. 10 Défuzzification par le centre de gravité.

Lorsque la fonction $u(z)$ est discrétisée (figure 11), le centre de gravité est donné par :

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n u_i x_i}{\sum_{i=1}^n u_i} \quad (\text{II.18})$$

Où n est le nombre de niveau de quantisation, x_i la valeur de sortie pour le niveau i et u_i sa valeur d'appartenance

II.3.6.6.2 Méthode de moyenne de maximum :

Cette méthode génère une commande précise en calculant la moyenne des valeurs pour lesquelles l'appartenance est maximal [7].

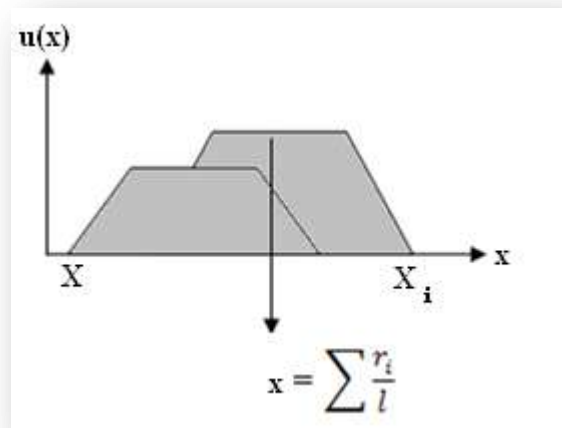


Fig. II. 11 Défuzzification par la méthode de moyenne maximum.

Si la fonction est discrétisée, comme montré à (figure II.12), la valeur défuzzifiée est donnée par :

$$x = \sum_{i=1}^l \frac{r_i}{l} \quad (\text{II.19})$$

Où l est le nombre de valeurs quantifiées r pour lesquelles l'appartenance est maximale. La méthode la plus souvent rencontrée étant le calcul du centre de gravité.

II.4 Méthodes d'inférence

Nous présentons les trois méthodes d'inférence les plus usuelles; Max-Min, Max-Produit, Somme-produit:

II.4.1 Méthodes d'inférence Max-Min

Cette méthode réalise l'opérateur «ET» par la fonction «Min», la conclusion «ALORS» de chaque règle par la fonction «Min» et la liaison entre toutes les règles (Opérateur «OU») par la fonction «Max».

La dénomination de cette méthode, dite Max-Min ou «implication de Mamdani», est due à la façon de réaliser les opérateurs ALORS et OU de l'inférence[21].

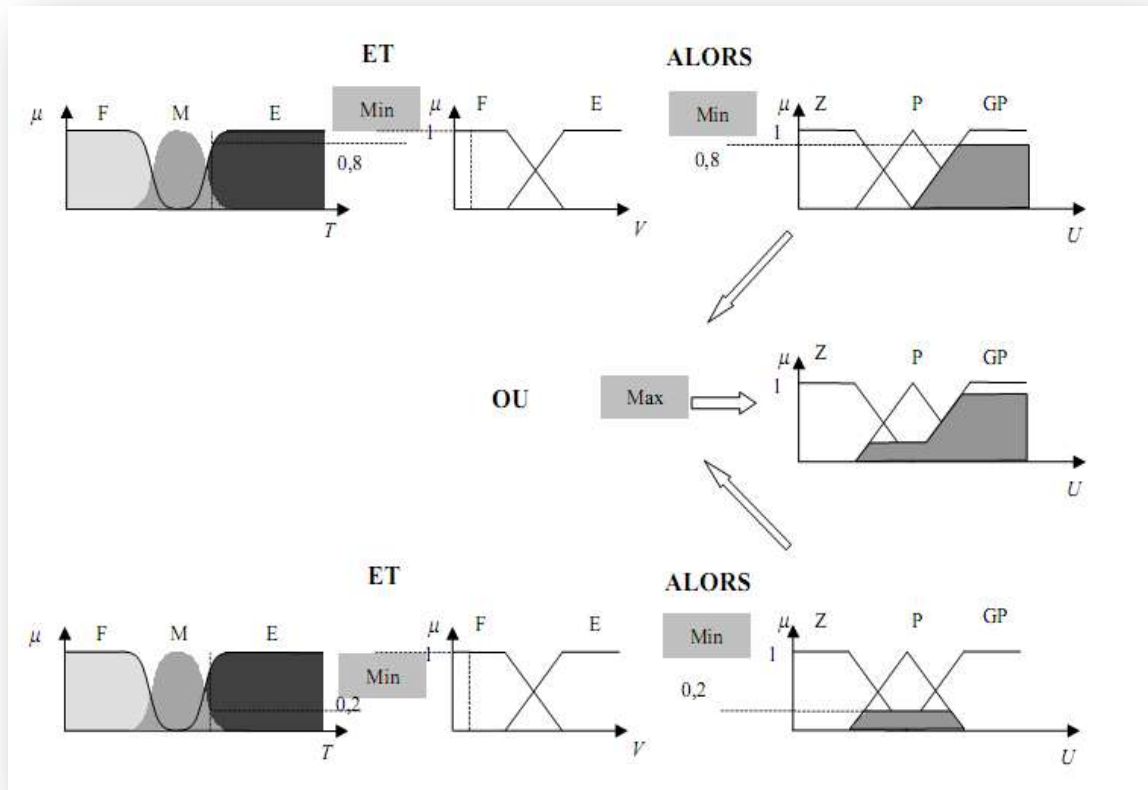


Fig. II. 12 Exemple d'inférence Max-Min.

la variable Test Elevée avec un degré d'appartenance de 0.8 et Moyenne avec un degré d'appartenance de 0.2. la vitesse V est faible avec un degré d'appartenance de 1.

L'application de la première règle d'inférence donne un degré d'appartenance à la conduction de 0.8 (minimum dû à l'opérateur ET entre les deux degrés d'appartenance). On obtient ainsi une "fonction d'appartenance partielle" dessinée en gris qui est écrétée à 0.8.

De manière similaire, la seconde règle donne lieu à une fonction d'appartenance écrétée à 0.2.

II.4.2 Méthodes d'inférence Max-produit

La différence par rapport à la méthode précédente réside dans la manière de réaliser la conclusion " ALORS". Dans ce cas, on utilise le produit comme illustré par la figure (II.13).

On remarque que les fonctions d'appartenances partielles ici ont la même forme que la fonction d'appartenance dont elles sont issues multipliées par un facteur d'échelle vertical qui on l'appelle également " implication de Larsen"[21].

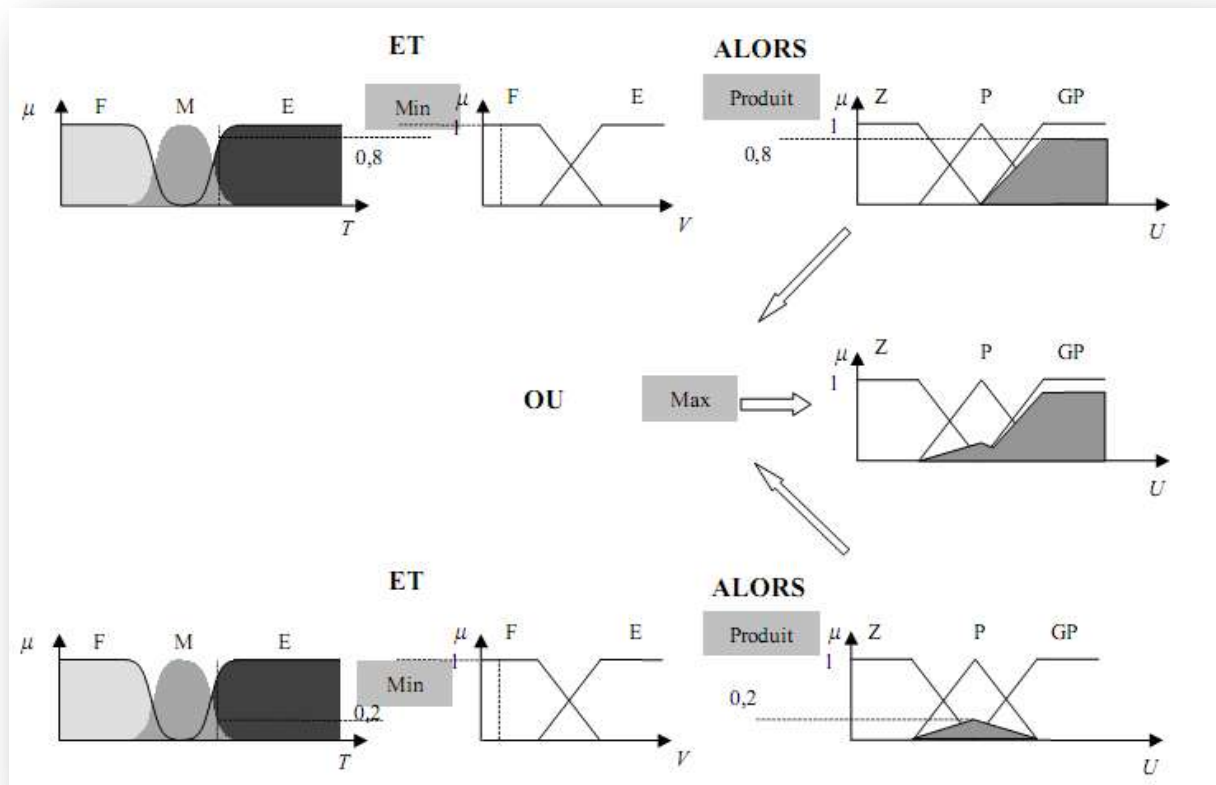


Fig. II.13 Exemple d'inférence Max-Produit.

II.4.3 Méthodes d'inférence Somme-Produit

Dans ce cas, l'opérateur "ET" est réalisé par le produit, de même que la conclusion "ALORS". Cependant, l'opérateur "OU" est réalisé par la valeur moyenne des degrés d'appartenance intervenant dans l'inférence.

D'autres méthodes ont été élaborées, ayant chacune une variante spécifique. Néanmoins, la méthode Max-Min est de loin la plus utilisée à cause de sa simplicité[21].

II.5 Structure générale d'un système flou

La structure conventionnelle d'un système flou est présentée figure (II.14). Elle est composée de quatre blocs distincts dont les définitions sont données ci-dessous.

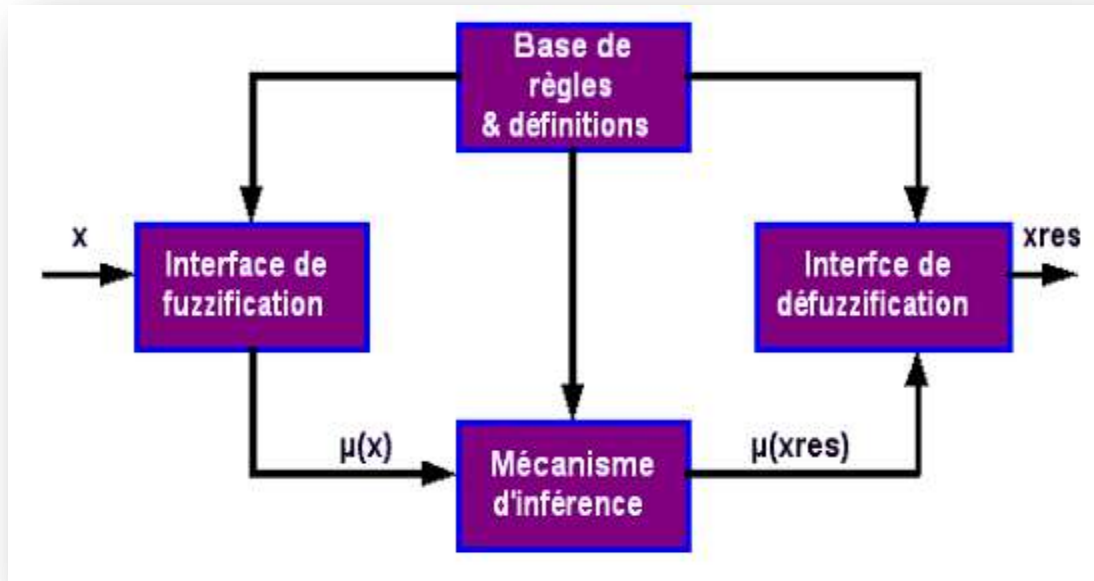


Fig. II.14 Structure d'un système flou.

Avec x représente le vecteur des entrées (variables d'entrée réelles), x_{res} celui des variables de sortie réelles, $\mu(x)$ et $\mu(x_{res})$ les fonctions d'appartenance correspondantes (variable d'entrée floue et variable de sortie floue).

II.6 Conclusion

Dans ce partie on procède tout d'abord à la partition en sous-ensembles flous des différents univers de discours que le système impose. Ensuite on détermine la base de règles qui va caractériser le fonctionnement désiré du système. Puis il faut transformer les variables réelles, c'est à dire celles qui ont une réalité physique, en variables floues. On appelle cette étape la Fuzzification On utilise ensuite ces variables floues dans un mécanisme d'inférence qui crée et détermine les variables floues de sortie en utilisant les opérations sur les fonctions d'appartenance.

Enfin, on opère à la défuzzification qui consiste à extraire une valeur réelle de sortie à partir de la fonction d'appartenance du sous-ensemble flou de la sortie établi par le mécanisme d'inférence [22].

Dans le troisième chapitre, nous présentons la station d'essais de l'université de BISKRA où nous avons réalisés nos expériences et décrire les différentes procédures et étapes du notre travail expérimentale ; Ainsi que les résultats de la prédiction obtenus des essais réalisés en utilisant la logique floue.



CHAPITRE III

**Technique Expérimental et
Résultats Obtenus
Et Interprétations**

III.1 Introduction

Dans cette partie nous utilisons un isolateur capot et tige de type **175 CTV** artificiellement pollué, soumis à des essais au Laboratoire de Haute Tension de l'Université de Biskra.

Le but de cette étude expérimentale est d'étudier l'impact de la conductivité ainsi la largeur de pollution sur le comportement d'un isolateur de haute tension. L'influence d'une configuration isolante soumise a une tension alternative à fréquence industrielle 50 Hz. La dite configuration est celle représentant l'isolateur capot-tige 175 CTV exploité dans les régions désertiques Algériennes [13].

En effet, pour une configuration donnée, nous avons étudié l'influence de la tension appliquée, de la conductivité ainsi que la nature de la couche de pollution sur la tension de contournement.

Dans ce chapitre au premier lieu nous présentons l'équipement de la station d'essais. Nous présentons aussi les différents types d'essais, et les modèles opératoires utilisé, pour les essais de haute tension ainsi que les procédés d'essai.

En deuxièmes nous présentons les résultats expérimentaux obtenus au laboratoire concernant la détermination de la tension de contournement pour un isolateur soumis à divers conditions de pollution (les couches polluante (les niveaux de pollution N1, N4 et N8) et la concentration de sel (les conductivités ($\sigma 1$, $\sigma 2$, $\sigma 3$)).

Puis nous introduisons la technique de la logique floue en se basant sur les résultats expérimentaux pour prédire l'étape de contournement

En fin une interprétation des résultats trouvés.

III.2 Dispositif expérimental

III.2.1 Circuit d'essai au laboratoire de Haute tension (Université de Biskra)

Les essais ont été effectués à l'aide de la station d'essai figure (III.1) du laboratoire de haute tension de l'université de Biskra.

Notre laboratoire est de marque PHYWE composée des équipements suivant :

- ✓ Un transformateur d'essai.
- ✓ Un transformateur de réglage.
- ✓ Un diviseur capacitif de tension $C_m=100$ pF.
- ✓ Un pupitre de commande et des appareils de mesure et de protection.

- ✓ Un oscilloscope numérique.
- ✓ L'objet d'essai.

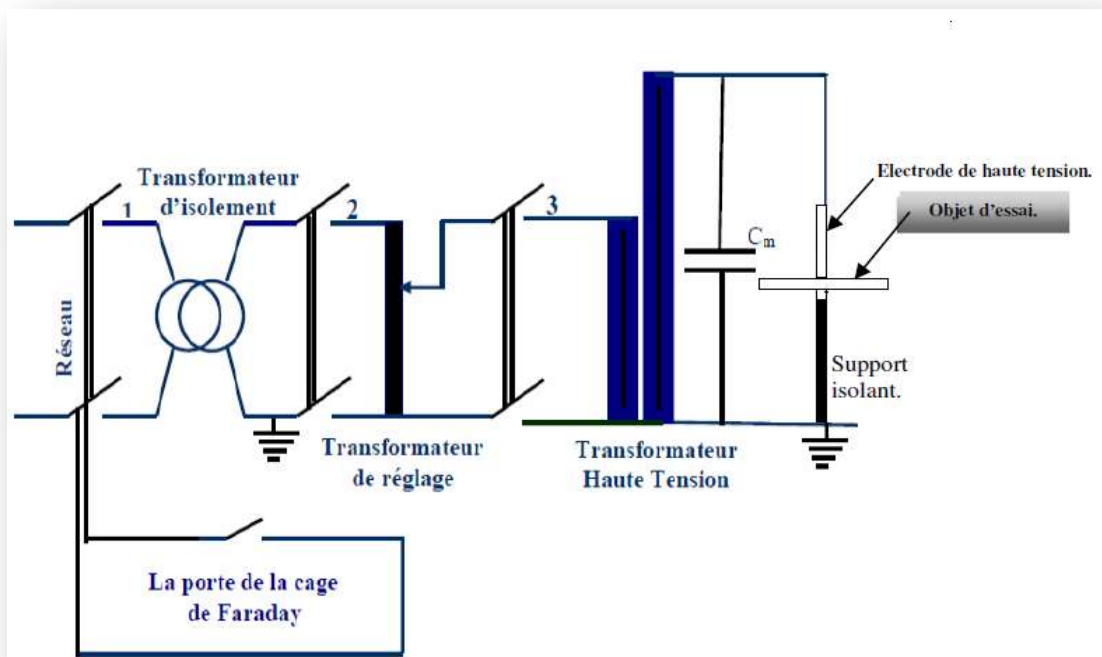


Fig.III. 1 Circuit d'essai à fréquence industrielle [1].

-La photo (III.1) est celle du montage réalisé au laboratoire de haute tension.

III.2.1.1 Transformateur d'essai



Photo.III. 1. du circuit d'essai à fréquence industrielle (Modèle réel).

Il délivre la tension appliquée à l'objet d'essai. Il est de type monophasé, ces caractéristiques sont les suivantes :

- Tension primaire nominale $U_{1n} = 250V$ (50Hz).
- Tension secondaire nominale $U_n = 140kV$.
- Puissance apparente nominale $S_n = 5kVA$.
- Tension de court-circuit $U_{cc} = 3.5\%$.

III.2.1.2 Transformateur de réglage

Il permet le réglage de la tension secondaire à la sortie du transformateur d'essai de zéro à la pleine tension. Le réglage est fait manuellement à l'aide d'un volant. Ces caractéristiques sont :

- Tension primaire nominale $U_{1n} = 220V$.
- Tension secondaire réglable (de 0 à 500V).
- Puissance apparente nominale $S_n = 5500 VA$.

III.2.1.3 Oscilloscope numérique

C'est un appareil qui permet de donner la forme de l'onde. Les phénomènes enregistrés. (Courant de fuite, tension appliquée) (Digital Storage Oscilloscope 25 Mhz, 250M Sa/s, 18W, 40 VA). Photo (III.2).

III.2.1.4 Pupitre de commande

Ce pupitre est alimenté en 220V indépendamment du régulateur de tension et du transformateur d'essai à travers un transformateur d'isolement. Photo (photo III.2).



Photo.III. 2 Photo du pupitre de commande et oscilloscope numérique

III.2.1.5 Appareils de mesure et de protection

L'alimentation du laboratoire se fait à partir d'un pupitre de commande situé dans le laboratoire, mais à l'extérieur de la plate-forme d'essai (la cage de faraday). Le transformateur de haute tension et son régulateur sont protégés indépendamment par un fusible et un relais thermique de 250A. Ces protections sont liées avec le circuit de la bobine du contacteur principal, ce qui donne une protection suffisante contre les surcharges du transformateur et les courants de court-circuit.

Pour les mesures de tension on a:

DSM : un voltmètre numérique pour mesurer la tension alternatif.

DGM : un voltmètre numérique pour mesurer la tension continue.

Un voltmètre et ampèremètre pour mesurer de la tension primaire au niveau du transformateur d'essai.

III.2.1.6 Diviseur de tension

Il existe deux diviseurs de tension :

- Un diviseur de tension capacitif pour la mesure de la tension à fréquence industrielle.
- Un diviseur de tension résistif pour la mesure de la tension continue.

III.2.1.7 Objet d'essai

Nos objets d'essai :

a- est un élément d'isolateur réel 175 CTV est montrée à la photo (photo III.3.a).



Photo.III. 3.a Photo .a Modèle d'un isolateur réel 175 CTV

b- est une chaîne d'isolateur réel 175 CTV est montrée à la photo (photo III.3.b).



Photo.III. 3.b Modèle d'une chaîne d'isolateur réel 175 CTV

III.3 Mode opératoire

L'isolateur est disposé horizontalement sur un support en Plexiglas. Le modèle se trouve ainsi placé à environ un mètre du sol, et environ deux mètres du transformateur de haute tension de manière à éviter tout phénomène de parasite dû au sol et aux bobinages du transformateur.

III.3.1 Application de la zone de pollution

Les solutions polluantes ont été préparées au Laboratoire de chimie de notre université, nous avons utilisé une solution saline (à base de Na Cl).

Pour la solution saline, nous avons rajouté à l'eau distillée, des quantités de chlorure de sodium pour préparer la solution saline. La conductivité est mesurée à l'aide d'une conductivité mètre. Nous fixons, à chaque fois, la conductivité de la solution à la valeur désirée grâce à un conductimètre, en variant la concentration de Na Cl dans l'eau distillée. Les conductivités ainsi choisies sont les suivantes :

$\sigma 1 = 7.5$ g/l (minimum).

$\sigma 2 = 80$ g/l (moyenne).

$\sigma 3 = 120$ g/l (maximum).

La pollution artificielle (conductivité) est préparée selon la norme CEI 507.

Dans notre travail nous réalisons les essais pour 3 niveaux de pollution :

N1= le minimum de pollution.

N2= la moyenne de pollution (intermédiaire).

N3= le maximum de pollution (plein de pollution).

III.3.1.1 Cas d'isolateur réel

On remplit les zones d'isolateur par les solutions polluantes selon les niveaux à réaliser.

Nous appliquons une tension alternative, et mesurons la tension d'une étape de contournement (contournement finale).

Les solutions polluantes sont composées de différentes quantités de Na Cl mélangées à de l'eau distillée, Le choix de ces conductivités est fait pour avoir une bonne visibilité concernant l'élongation des décharges parallèles et aussi pour une bonne étude de la tension de contournement et du courant de fuite pour le cas de la pollution discontinue.

a) Méthode de remplissage

La méthode de remplissage a été choisie pour polluer artificiellement des zones de l'isolateur.

En effet, nous avons rempli uniformément (pollution discontinue), pour assurer une répartition uniforme et une bonne reproductibilité de la couche polluante (Photo.III. 4).



Photo.III. 4 Méthode de remplissage pour le cas plein pollution.

III.4 Procédé d'essais

Après la préparation de l'objet d'essai, nous procédons la tension de contournement pour les différents niveaux de la zone conductrice et pour les différentes conductivités. Cette mesure permet seulement de déterminer l'influence de niveaux de la pollution ainsi que la conductivité sur la tension de contournement. La tension d'essai est appliquée d'une manière progressivement croissante jusqu'au contournement.

III.4.1 Mesure de la tension du contournement

Avant chaque essai, nous nettoyons toutes les zones propres avec du coton, imbibé d'alcool isopropylique, pour éliminer les traces partiellement frottées par le passage de l'arc électrique.

La mesure de la tension de contournement représentant la moyenne arithmétique de cinq mesures, a été effectuée pour le modèle réel. Ces essais ont été effectués pour une tension alternative pour chaque niveau de pollution et chaque conductivité

Dans le but d'opérer avec un minimum d'erreurs dans les mesures, nous avons procédé à plusieurs essais préliminaires.

En fait les niveaux que nous avons adoptés sont les suivantes :

III.4.1.1 Pollution discontinue

La pollution est présentée par trois zones Z1, Z2, Z3, on commence par une variation de niveau de la couche de pollution (niveau de la couche polluante) de 0 (propre) à 100%(plein pollution), puis on suit la même procédure pour les différentes conductivités par le remplissage du modèle réel (figure. III.2).

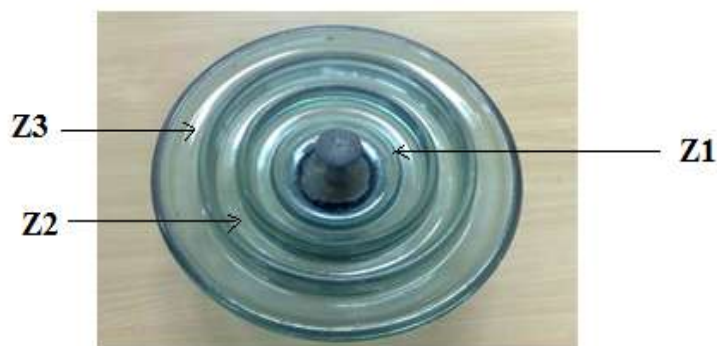


Fig.III. 2 Les zones de la pollution discontinue.

III.5 Phénomènes observés lors des essais

III.5.1 Etapes de contournement

Pour une couche de pollution uniforme discontinue, nous avons constaté que l'application d'une tension de quelques kilovolts entre les électrodes, engendre un courant de fuite. Ce courant à mesure que l'électrolyte s'échauffe. Au bout de quelques périodes, l'échauffement par effet joule est tel que, dans les régions à plus forte densité du courant (autour de la l'électrode active), la conductivité est vaporisé et une zone sèche apparait. Une partie importante se trouve reportée sur cette bande sèche engendrant, si le champ qui en résulte est suffisant, le claquage diélectrique et l'établissement de nombreuses décharges aléatoires entourant .La forte densité du courant au voisinage des têtes des décharges, provoque une évaporation très importante du liquide (conductivité).Si, à partir de ce régime, la tension est augmentée, les arcs s'allongent dans la direction de l'électrode opposée (Photo. III.5). En augmentant d'avantage la tension, nous atteignons un état critique au-delà

duquel toute nouvelle augmentation de la tension provoque le contournement total par développement des arcs aléatoires (Photo. III.6).

Lors de la mesure de la tension de contournement, nous avons entendu un bruit qui croit avec l'augmentation de la tension jusqu'au contournement de l'isolateur. Ce bruit est dû à l'effet de couronne qui est une première phase de contournement.



Photo.III. 5 Evolution des arcs.



Photo.III. 6 Contournement total.

III.6 Résultats expérimentaux obtenus

Nous présentons les tensions mesurées pour chaque étape de contournement en fonction de la conductivité et le niveau de pollution de l'isolateur. Chaque essai est répété cinq fois pour obtenir finalement la valeur moyenne de la tension mesurée (tableaux III.1- 2).

➤ Essai propre

$$T = 15^{\circ}\text{C} ; h = 60\%.$$

Tableau III. 1 Les essais effectués pour obtenir la valeur moyenne de la tension (Essai propre).

Essai	1	2	3	4	5	Moyenne
Tension (kv)						
Uc	65.84	67.2	65.52	65.52	67.2	66.6

➤ Pour la conductivité 1 ($\sigma_1 = 7.5\text{g/l}$) et le niveau N_1 (un isolateur)

Tableau III.2 Les essais effectués pour obtenir la valeur moyenne de la tension (7,5 g/l- N_1).

Essai	1	2	3	4	5	Moyenne
Tension (kv)						
Uc	44.24	50.4	47.04	43.96	43.57	45.842

De la même manière on effectuera les autres essais pour les différents niveaux de pollution (N_1 , N_2 , N_3) et différentes conductivités (σ_1 , σ_2 , σ_3), pour déterminer la valeur moyenne mesurée de la tension (U_c).

Les trois tableaux suivants résument les résultats obtenus (tableaux III.3).

Tel que : $\sigma_1 = 7.5\text{g/l}$; $\sigma_2 = 80\text{g/l}$; $\sigma_3 = 120\text{g/l}$.

➤ Tensions de contournement (U_c)**Tableau III.3** Tension de contournement en fonction de la conductivité et le niveau de la pollution (un isolateur).

Conductivités Niveaux de pollutions	σ_1	σ_2	σ_3
	N1	45.842	39.592
N2	39.738	36.288	37.408
N3	34.832	33.712	34.16

Tableau III.4 Tension de contournement en fonction de la conductivité et le niveau de la pollution (deux isolateur).

Conductivités Niveaux de pollutions	σ_1	σ_2	σ_3
	N1	84.672	82.32
N2	70.392	71.064	71.736
N3	60.48	58.8	66.528

III.7 Prédiction de contournement par la logique floue

L'objectif de l'utilisation de la logique floue est la prédiction de contournement de l'isolateur de haute tension. Pour ce faire nous devons suivre les instructions suivantes :

III.7.1 La Fuzzification

Dans cette étape nous devons désigner les entrées et les sorties qui représentent les fonctions d'appartenance.

Dans notre cas les entrées sont : la tension appliquée, la conductivité et le niveau de pollution et les sorties sont : le contournement.

III.7.1.1 Définition des entrées

a. La tension appliquée (U)

Les intervalles flous de la tension sont répartis en cinq intervalles de la tension totale appliquée (Tableau III.5 et Photo.III. 7):

Tableau III.5 Répartition de la tension appliquée (U) et sa forme.

Niveau de la tension appliquée (U)	Forme
Petite (P)	Trapézoïdale
Moyenne (M)	Triangulaire
Haute (H)	Triangulaire
Très Haute (TH)	Triangulaire
Très Très Haute (TTH)	Trapézoïdale

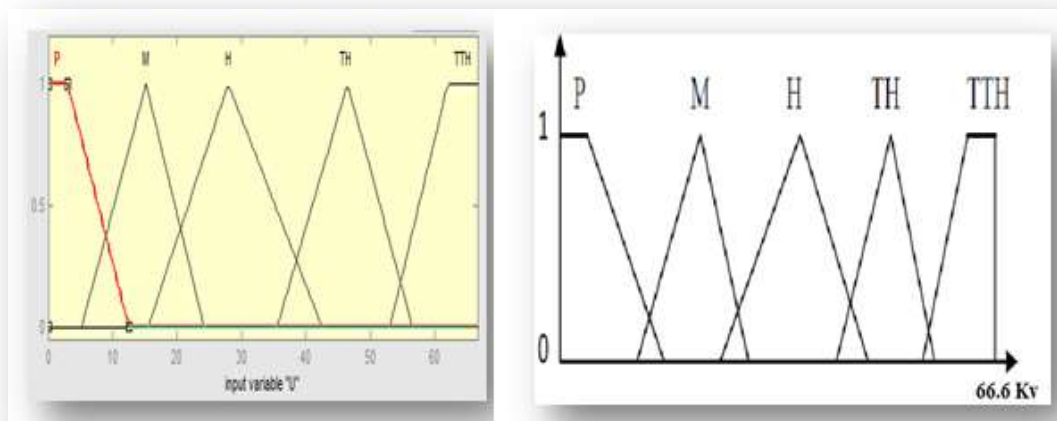


Photo.III. 7 les intervalles flous de la tension appliquée U (entrée).

b. La conductivité (S)

Nous avons effectué cinq intervalles flous. (Tableau III.6 et Photo.III. 8):

Tableau III.6 Répartition de la conductivité (S) et leur forme.

Concentration de la conductivité	Forme
Petite (P)	Trapézoïdale
Moyenne (M)	Triangulaire
Forte (F)	Triangulaire
Très Forte (TF)	Triangulaire
Très Très Forte (TTF)	Trapézoïdale

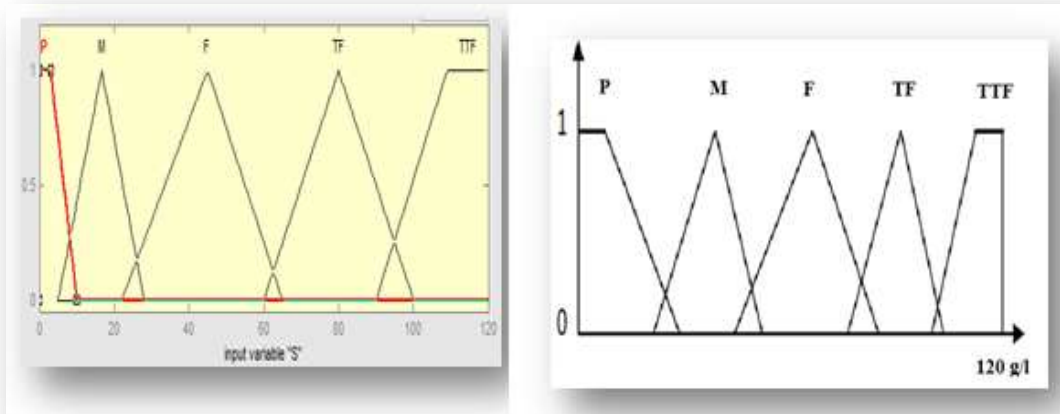


Photo.III. 8 Intervalles flous de la conductivité S (entrée).

c. Le niveau de pollution (N)

Pour la dernière entrée six intervalles flous sont effectués (Tableau III.7 et Photo.III. 9):

Tableau III.7 Répartition du niveau de la pollution (N) et sa forme.

Niveau de la pollution (N)	Forme
(P1)	Trapézoïdale
(P2)	Triangulaire
(P3)	Triangulaire
(P4)	Triangulaire
(P5)	Triangulaire
(P6)	Trapézoïdale

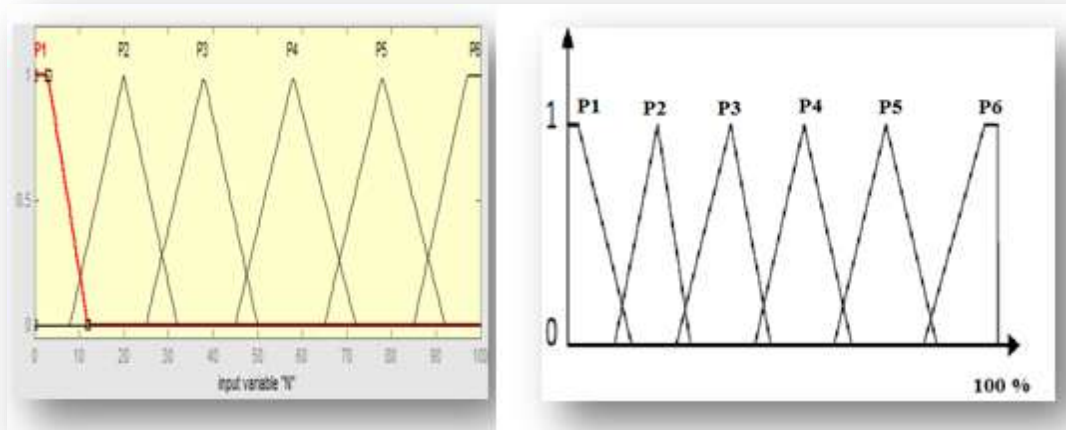


Photo.III. 9 Intervalles flous du niveau de la pollution N (entrée).

III.7.1.2 Définition de la sortie

La sortie est le résultat de la prédiction qui représente l'état de contournement

(Tableau III.8 et Photo.III. 10.1) :

Tableau III.8 Répartition des étapes de contournement (C) et leur forme.

L'état (E)	Forme
l'état tenu (O)	Trapézoïdale
Contournement (C)	Trapézoïdale

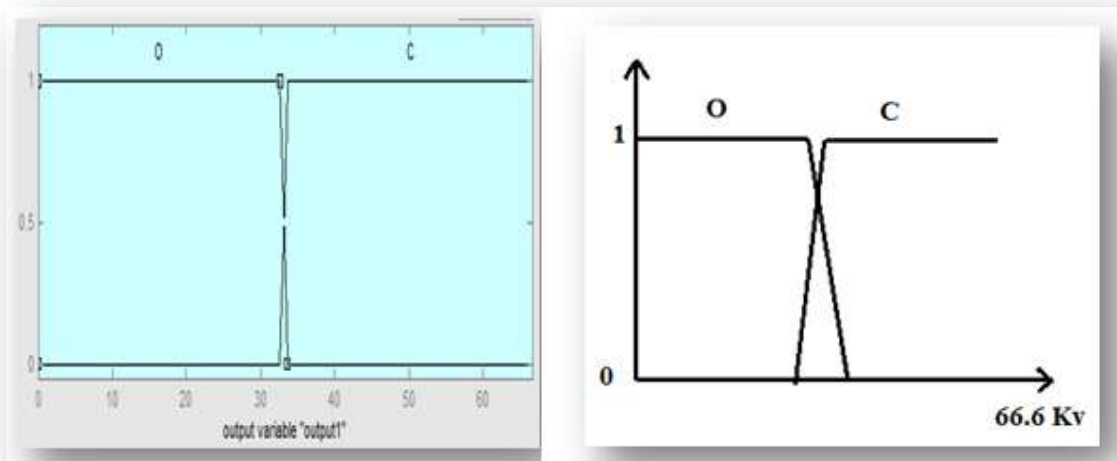


Photo.III. 10.1 Intervalles flous de contournement (C) (sortie).

- De la même manier on répéter le travail pour la deuxième objet d'essai (l'état de deux éléments (chaîne)) (Photo.III. 10.2)

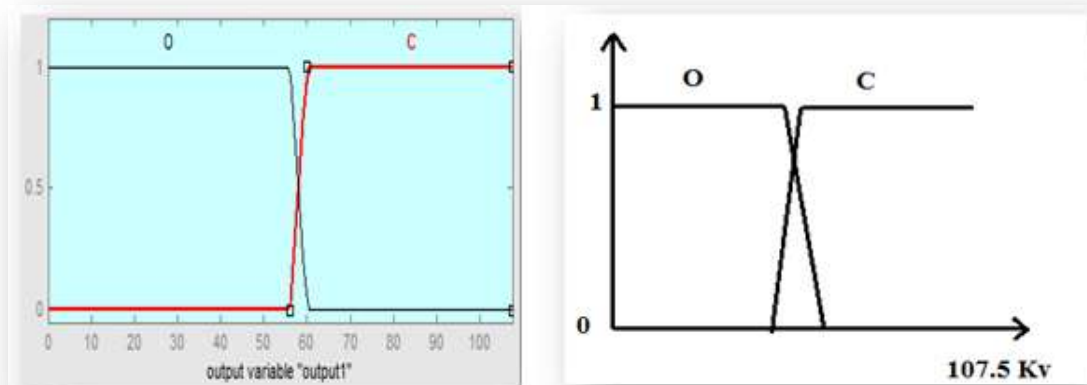


Photo.III. 10.2 Intervalles flous de contournement (C) (sortie).

III.7.2 Les règle d'inférences

C'est-a-dire faire la relation entre les trois entrées (U, S, N) et la sortie (P) par des règles formées comme l'exemple suivant:

- **Si la tension appliquée est très haute, la conductivité est forte ainsi que le niveau de pollution est grand nous obtenons l'état Contournement (C).**
- **Si la tension appliqué est faible (très faible), la conductivité est forte ainsi que le niveau de pollution est grande nous obtenons l'état tenu (O).**

De la même manière, nous complétons toutes les règles d'inférences de chaque cas des trois entrées et choisir le cas de sortie (C). Le système des règles floues utilisé est l'Implication de Mamdani ». Voir (Photo.III. 11).

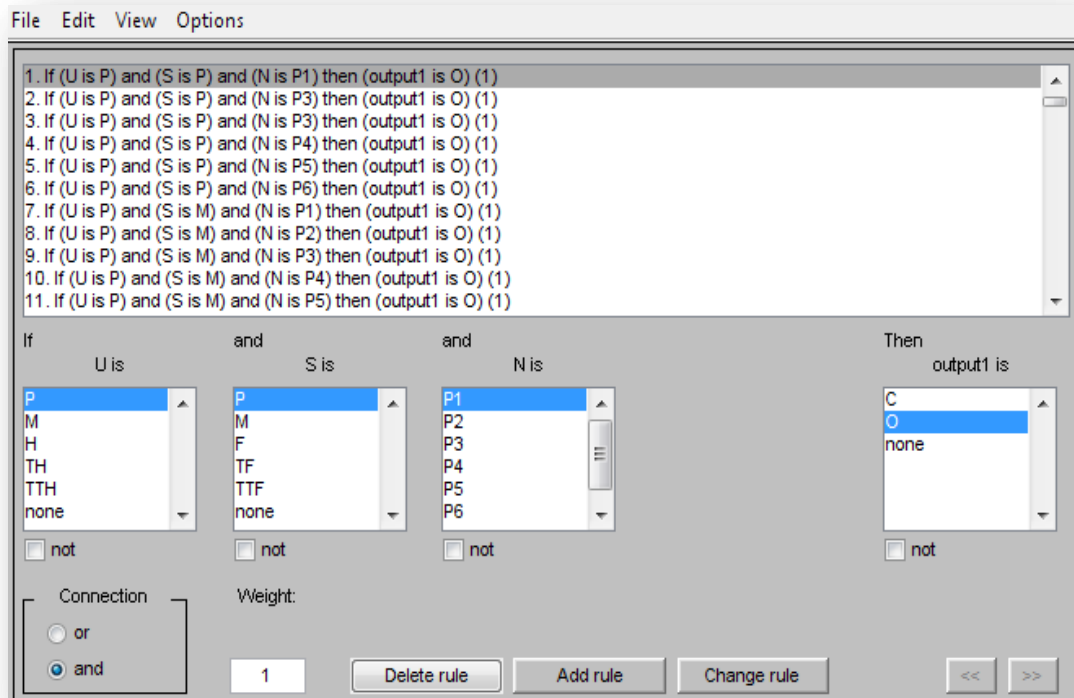
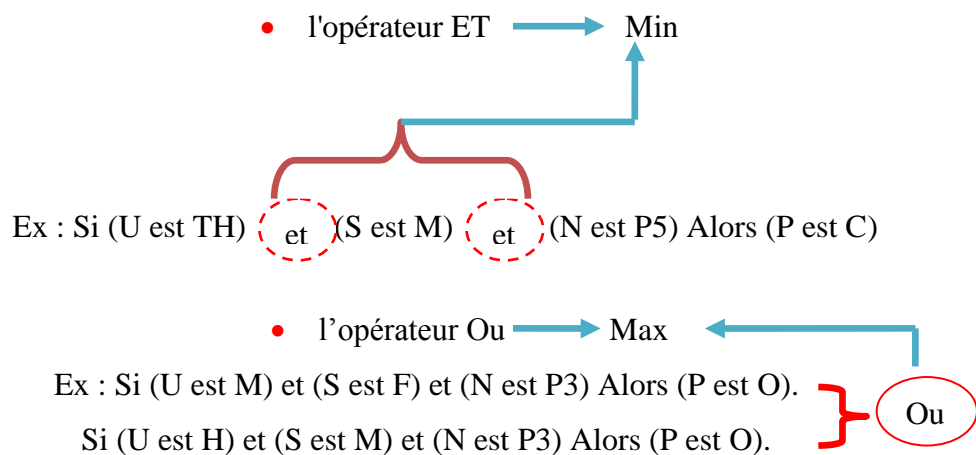


Photo.III. 11 Règles d’inférences dans le système des règles floues (Mamdani).

III.7.3 La Déffuzzification

L’objectif de cette étape est la conversion des résultats floues obtenues en un résultat réel Dans cette étape on utilisé la méthode d’inférence (**Max-Min**) qui dite «**implication de Mamdani**», c’est-a-dire :



Finalement pour obtenir la valeur réelle que nous recherchons, on applique la méthode de **Centre de Gravité** (Photo.III. 12).

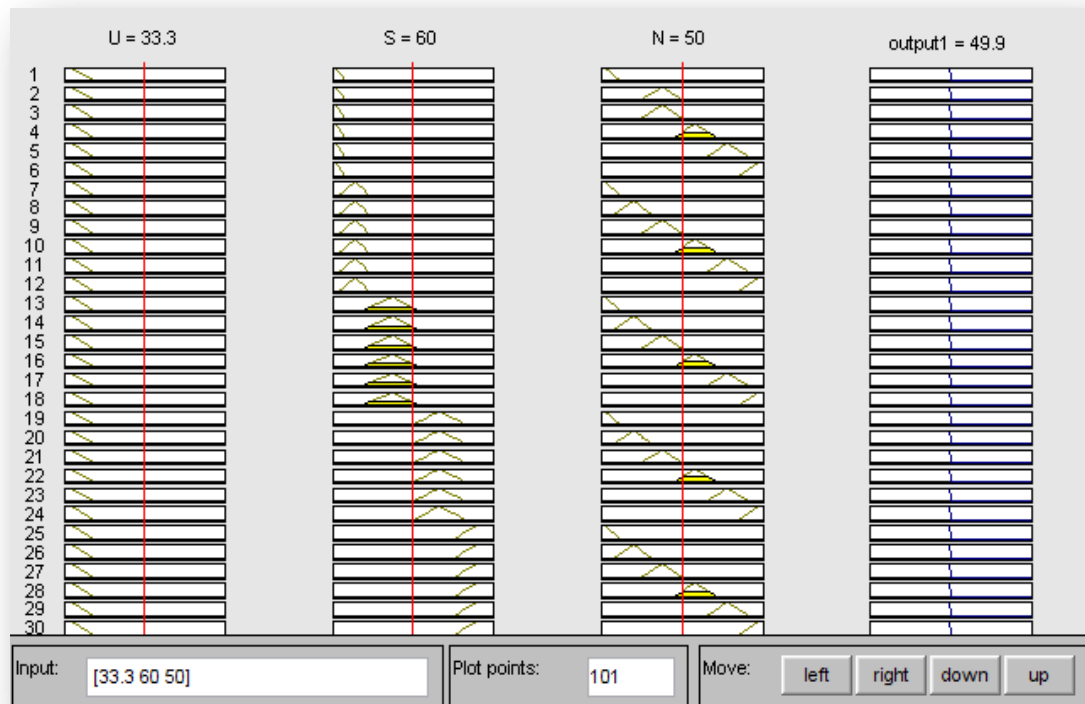


Photo.III. 12 Défuzzification de la sortie en valeurs réels.

III.8 Résultats de prédiction des différentes étapes de contournement par la logique floue

Le Tableau (III.9) représente les résultats de la prédiction de la technique floue d'étape de contournement d'un isolateur de haute tension. Les résultats de la prédiction sont comparés par les résultats expérimentaux obtenus au Laboratoire de Haute Tension. Les tests sont faits du cas propre au cas plein pollution et pour les différents niveaux et conductivité de la pollution.

Tableau III. 9 Comparaison entre les résultats expérimentaux et la prédiction de la logique floue (un élément).

N° de test	Les entrées			Les tests	
	U (kV)	S (g/l)	N (%)	Expérimental	Prédiction
1	17	7.5	40	O	O
2	20.5	7.5	40	O	O
3	25	7.5	40	O	O
4	30	7.5	40	O	O
5	33.5	7.5	40	O	O
6	40	7.5	40	O	O
7	45	7.5	63	C	C
8	47	7.5	63	C	C
9	40	7.5	80	C	C
10	46.36	7.5	80	C	C
11	31.8	80	40	C	C
12	39.13	100	63	C	C
13	38	100	80	C	C
14	38.46	100	77	C	C
15	38.8	100	70	C	C
16	21.84	80	40	O	O
17	35.52	80	40	C	C
18	17.5	80	63	O	O
19	30	80	63	O	O
20	33	80	63	C	C
21	36.96	80	77	C	C
22	34.72	80	70	C	C
23	38.08	80	80	C	C
24	16	80	80	O	O
25	33.6	110	46	C	C
26	39.2	110	40	C	C
27	34.16	110	46	C	C
28	36.96	100	63	C	C

29	37.8	100	70	C	C
30	39	100	77	C	C
31	40	90	80	C	C
32	16	120	40	O	O
33	23	120	40	O	O
34	37	120	40	C	C
35	33	120	40	C	C
36	36	120	40	C	C
37	34.43	120	46	C	C
38	30	120	63	O	C
39	40.6	120	63	C	C
40	18	120	63	O	O
41	20	120	63	O	O
42	31.7	120	80	O	C
43	38	120	90	C	C
44	35.84	120	80	C	C
45	36.8	120	60	C	C
46	15	120	70	O	O
47	14	120	77	O	O
48	30	120	77	O	C
49	35	120	77	C	C
50	39.72	120	77	C	C
51	36	120	77	C	C
52	37.08	120	65	C	C
53	37.71	120	80	C	C
54	40	120	80	C	C
55	15	120	40	O	O
56	47	120	40	C	C
57	18	7.5	70	O	O
58	40	7.5	70	C	C
59	53	7.5	90	C	C
60	19	7.5	46	O	O

61	30	7.5	20	O	O
62	37	7.5	40	C	C
63	25	7.5	40	O	O
64	32	7.5	46	O	O
65	43	7.5	46	A	A
66	40.77	7.5	60	C	C
67	39	7.5	40	C	C
68	21	7.5	46	O	O
69	36	7.5	46	O	O
70	45	7.5	46	C	C
71	20	7.5	70	O	O
72	31	7.5	70	O	O
73	42	7.5	70	C	C
74	37	7.5	77	O	O
75	17.5	7.5	77	O	O
76	48	7.5	80	C	C
77	18	80	40	O	O
78	40	80	40	C	C
79	28	80	40	C	C
80	38.5	80	46	C	C
81	20	80	46	C	C
82	15	80	63	O	O
83	29	80	63	C	C
84	35	80	63	C	C
85	16.5	80	70	O	O
86	20	80	70	O	O
87	22	80	70	C	C
88	14	80	77	O	O
89	28	80	80	C	C
90	46	80	80	C	C
91	14.5	80	80	C	C
92	35	120	63	C	C

93	40	120	63	C	C
94	20	120	63	O	O
95	15	120	70	O	O
96	30	120	70	C	C
97	37	120	70	C	C
98	25	120	77	C	C
99	31	120	77	C	C
100	35	120	77	C	C

Tableau III. 10 Comparaison entre les résultats expérimentaux et la prédiction de la logique floue (deux éléments isolateurs).

N° de test	Les entrées			Les tests	
	U (kV)	S (g/l)	N (%)	Expérimental	Prédiction
1	17	7.5	40	O	O
2	20.5	7.5	40	O	O
3	25	7.5	40	O	O
4	45.6	7.5	40	O	O
5	50.2	7.5	40	O	O
6	62.83	7.5	40	C	C
7	49.7	7.5	63	O	O
8	92.4	7.5	63	C	C
9	40	7.5	80	O	O
10	46.36	7.5	80	O	O
11	80.8	80	40	C	C
12	85.68	80	63	C	C
13	58	80	80	C	C
14	80.64	80	77	C	C
15	58.8	80	70	C	C
16	21.84	90	40	O	O
17	67.2	90	40	C	C
18	17.5	90	63	O	O
19	30	90	63	O	O

20	53	90	63	C	C
21	52.08	90	77	C	C
22	52.75	90	70	C	C
23	40	90	80	C	C
24	16	90	80	O	O
25	55.44	90	46	C	C
26	56.44	100	40	C	C
27	54.76	100	46	C	C
28	52.4	100	63	C	A
29	52.08	100	70	C	C
30	51	100	77	C	C
31	50	100	80	C	C
32	16	120	40	O	O
33	23	120	40	O	O
34	43	120	40	O	O
35	53	120	40	C	C
36	56	120	40	C	C
37	54.43	120	46	C	C
38	30	120	63	O	O
39	40.6	120	63	O	O
40	18	120	63	O	O
41	20	120	63	O	O
42	51.7	120	63	C	C
43	48	120	63	C	C
44	50.4	120	70	C	C
45	36.8	120	70	C	C
46	15	120	70	O	O
47	14	120	77	O	O
48	30	120	77	O	O
49	35	120	77	C	C
50	49.72	120	77	C	C
51	46	120	77	C	C

52	50.4	30.5	63	C	C
53	47.71	30.5	80	C	C
54	40	30.5	80	C	C
55	15	30.5	40	O	O
56	47	30.5	40	O	O
57	18	7.5	70	O	O
58	40	7.5	70	O	O
59	53	7.5	70	O	O
60	19	7.5	46	O	O
61	49	7.5	46	O	O
62	50	40	40	O	O
63	25	40	40	O	O
64	32	40	46	O	O
65	43	40	46	O	O
66	60	40	46	O	O
67	39	60	40	O	O
68	21	60	46	O	O
69	36	60	46	O	O
70	55.5	60	46	O	O
71	20	60	70	O	O
72	31	60	70	C	C
73	52.7	60	70	O	C
74	37	80	77	C	C
75	17.5	80	77	O	O
76	48.05	80	80	O	C
77	18	80	40	O	O
78	40	80	40	C	C
79	55	100	40	C	C
80	38.5	100	46	O	C
81	20	100	46	O	O
82	15	100	63	O	O
83	29	100	63	O	O

84	71.4	100	63	C	C
85	16.5	100	70	O	O
86	20	100	70	O	O
87	22	100	70	O	O
88	14	100	77	O	O
89	28	120	80	O	O
90	46	120	80	C	C
91	14.5	120	80	O	O
92	78.96	30.5	63	C	C
93	68.88	30.5	63	C	C
94	20	30.5	63	O	O
95	15	30.5	70	O	O
96	30	30.5	70	O	O
97	65.52	30.5	70	C	C
98	25	30.5	77	O	O
99	31	30.5	77	O	O
100	70.56	30.5	77	C	C

D'après les tableaux précédents, on remarque que la technique de la logique floue nous a donné une très bonne prédiction de contournement d'un isolateur de haute tension soumis sous différentes conditions (tension appliquée, la conductivité et le niveau de pollution). Le pourcentage d'erreur est très faible de 3% ; ainsi que le pourcentage de vérité est de 97%.

III.9 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons cité les dispositifs expérimentaux, (circuit d'essai, ...etc.), de notre station d'essai à fréquence industrielle (50Hz) du laboratoire de Haute Tension de l'université de Biskra.

Alors, nous avons donné les procédures d'essai pour mesurer la tension d'apparition de contournement.

Notre travail a consisté à mesurer la tension (U_c), en fonction de la tension appliquée pour:

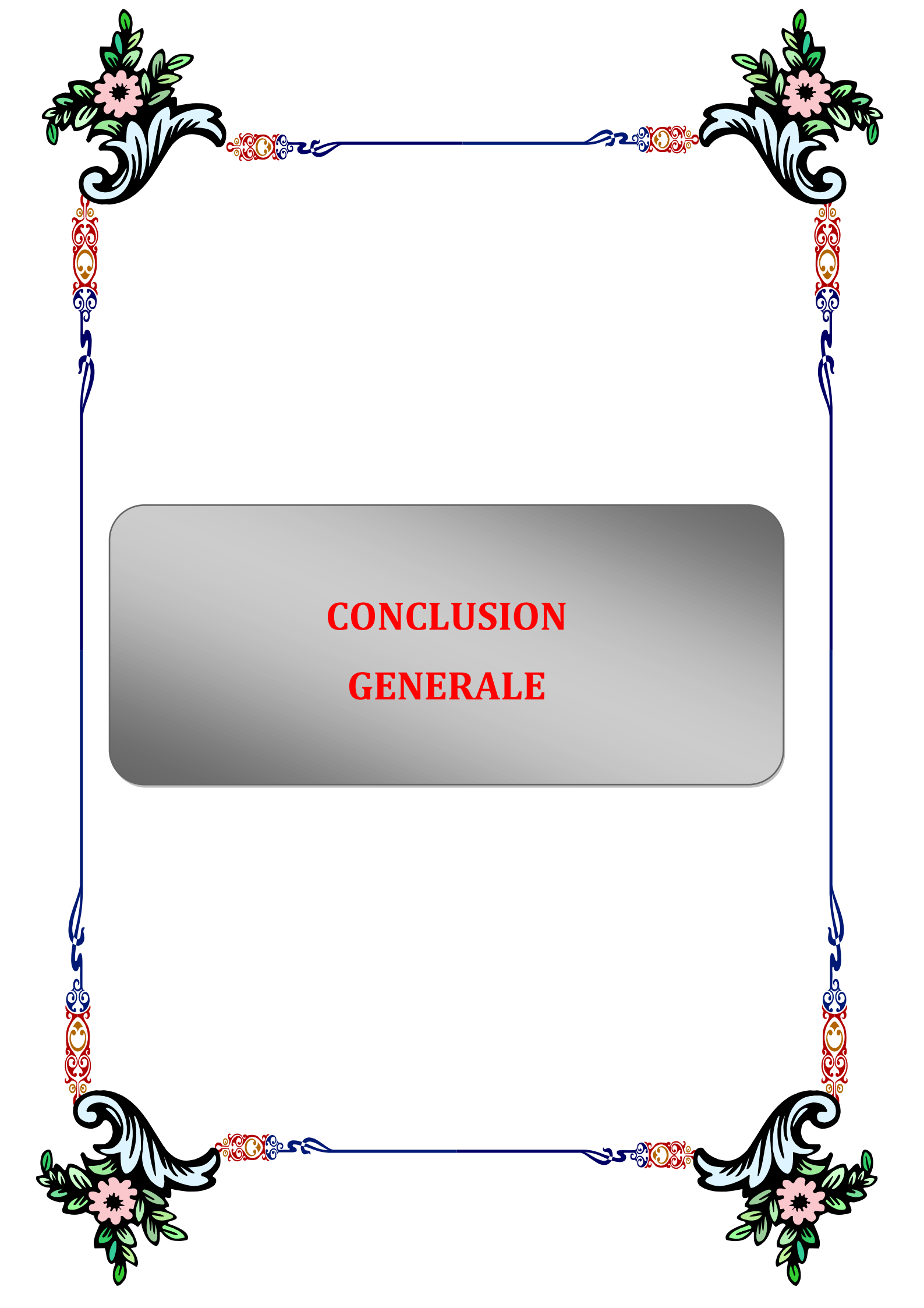
-La variation de la zone de pollution en utilisant la conductivité artificielle, pour les 3 niveaux de pollution.

- La variation de la conductivité de la zone polluante (les 3 conductivités).

En suivant sera consacré à la présentation et à l'interprétation des résultats expérimentaux obtenus. Ainsi que la technique de la logique floue pour la prédiction de tension mesurée.

Finalement nous avons présenté les résultats de la prédiction obtenus par la logique floue d'état de contournement (U_c), d'un isolateur de haute tension sous l'influence des différentes contraintes (la tension appliquée, la conductivité et le niveau de pollution) qui influent considérablement sur l'état de contournement (C).

La comparaison des résultats de la prédiction avec les résultats issus de l'expérimental sont en très bonne concordance.



**CONCLUSION
GENERALE**

CONCLUSION GENERALE

Dans le cadre de notre étude, les essais effectués au Laboratoire de Haute Tension de l'université de BISKRA, pour objectif de trouver un algorithme basé sur la logique floue permettant la prédiction d'état de contournement d'un d'isolateur de Haute Tension (175 CTV) artificiellement pollué.

La technique floue utilisée dans ce projet nous a permis d'obtenir des résultats probants sur la prédiction du comportement d'isolateur de haute Tension. Quel que soit la concentration du sel de l'électrolyte de la couche polluante de l'isolateur ainsi que son niveau, la technique floue utilisée a pu prédire l'étape de contournement.

On a discuté l'influence du facteur « Pollution », Cela provient du fait que la pollution des isolateurs constitue un sérieux problème pour l'exploitation des réseaux de haute tension. Qu'elle a plusieurs sources (naturelle, industrielle, mixte), qui peut diminuer « la tension de contournement » considérablement, provoquant des incidents très graves.

Les principaux résultats que nous pouvons donner sur la base des essais effectués sur les isolateurs sous différentes conditions de pollution au laboratoire sont les suivants :

Le degré de pollution influe directement sur la tension de contournement des isolateurs. En effet, l'augmentation du degré de pollution des isolateurs diminue énormément la tension de contournement, donc la tension de tenue.

Le courant de fuite dépend de deux paramètres essentiels. En effet, l'augmentation de la tension appliquée et/ou de la conductivité superficielle de l'isolateur entraîne une augmentation du courant de fuite.

Le profil de l'isolateur aussi a une répercussion intéressante sur la valeur du courant de fuite. En particulier, si la longueur de fuite augmente, la valeur du courant de fuite diminue et l'inverse est juste.

Le déphasage entre le courant de fuite et la tension appliquée dépend de deux paramètres essentiels. En effet, l'augmentation de la tension appliquée entraîne une

diminution du déphasage, et l'augmentation de la conductivité superficielle de l'isolateur entraîne une augmentation du déphasage.

Ensuite on détermine la base de règles qui va caractériser le fonctionnement désiré du système. Puis il faut transformer les variables réelles, c'est à dire celles qui ont une réalité physique, en variables floues. On appelle cette étape la Fuzzification On utilise ensuite ces variables floues dans un mécanisme d'inférence qui crée et détermine les variables floues de sortie en utilisant les opérations sur les fonctions d'appartenance.

Enfin, on opère à la défuzzification qui consiste à extraire une valeur réelle de sortie à partir de la fonction d'appartenance du sous-ensemble flou de la sortie établi par le mécanisme d'inférence

Finalement nous avons présenté les résultats de la prédiction obtenus par la logique floue d'état de contournement (U_c), d'un isolateur de haute tension sous l'influence des différentes contraintes (la tension appliquée, la conductivité et le niveau de pollution) qui influent considérablement sur l'état de contournement (C).

La comparaison des résultats de la prédiction avec les résultats issus de l'expérimental sont en très bonne concordance

Bibliographie

- [1] **Hani BENGUESMIA**, « Etude du Comportement d'un Isolateur de Haute Tension soumis à Divers Conditions de Pollution », Mémoire de Magister en Electrotechnique, UMK de Biskra, 2011.
- [2]. **B. HAMMOUM. A.KERBOUCHE**, « Etude du Phénomène de Pollution des Isolateurs de Haute Tension dans la Région Electrique du Centre Algérien », Ecole Nationale polytechnique d'Alger. 2007.
- [3] **M. TERKMANI, M.BABOUAMER**, « Contournement des Isolateurs des Lignes de Haute Tension », Université des Sciences et de la Technologie d'Oran, juin 2005.
- [4] **L.ARRABIY**, « Visualisation et Traitement de Signal de Courant de Fuite sur une Surface Isolante Polluée » Ecole Nationale Polytechnique d'Alger. 1999.
- [5] **M.TEGUAR, A.BOUBAKEUR**, « Pollution des Isolateurs de Haute Tension », Ecole Nationale Polytechnique d'Alger ; 2002.
- [6] **F.TALEB, A.BOULEGHLEM** «Comportement de l'Isolateur capot et tige 15121 Artificiellement Pollué sous Tension Alternative 50 Hz» Ecole Nationale polytechnique d'Alger 2010.
- [7] **JELENA GODJEVAC**, «Idées nettes sur la logique floue», Collection, Informatique, Presses Poly échues et Universitaires Romandes.
- [8] **P. CLAVERIE, Y.PORCHERON**, « Les Phénomènes de Pollution des Isolateurs et l'Isolement des Ouvrages En Régions Polluées », RGE, Tome 82, No. 3, pp. 166-194, Mars 1973, Paris, France.
- [9] **S.TOUNSI, F. CHIKH**, « Influence du Sol sur le Comportement d'un Modèle d'Isolateur sous Tension », Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, Juin 2008.
- [10] **TILMATINE**, «Isolateurs des lignes», cours.
- [11] **S. BOUAZABIA, T. CHIKHAOUI**, « Méthodes d'Essais sur des Isolateurs Pollués dans les Conditions Désertiques », Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, Algérie, Juin 1988.
- [12] **D.NAMANE**, « Effet de la Discontinuité de la Couche Polluante sur le Comportement d'Isolateurs Haute Tension, sous la Fréquence de 50 Hz », Thèse de Magister, Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, Février, 1998.

- [13] **A.Mekhaldi**, « Etude du Développement d'un Arc Electrique sur des Surfaces Isolantes Contaminées par la Pollution Désertique », Thèse de Magister, Génie Electrique, Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, 1990.
- [14] **S. LOTFI, S. DJAFRI**, « Contribution à l'Etude de la Pollution des Isolateurs des Lignes Ariennes de Haute Tension dans la Région de l'Arbaa », Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene d'Alger, Juin 1982.
- [15] **M. TEGUAR**, «Modélisations d'Isolateurs Pollués Soumis à Divers Paramètres Électro géométriques », Thèse de Doctorat d'Etat, Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, Avril 2003.
- [16] **A. MEKHALDI**, « Etude des Phénomènes de Conduction et de Décharge Electrique sur des Surfaces Isolantes Polluées sous Tension Alternative 50 Hz », Thèse de doctorat d'Etat, Génie Electrique, Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, juin 1999.
- [17] **W. HEISE, G.F, LUXA, G.REVRERY et M. P. VERMA**, « Estimation de la méthode d'essais sous pollution artificielle par couche solide », CIGRE, Rapport33-09, Paris. France, 1982.
- [18] **F.CHEVRIE F.GUELY**, Cahier Technique n°191 «la logique floue», Groupe Schneider Mars, 1998.
- [19] **DOMINIQUE DE GEEST** «Technique Floues et Neuronales par des problèmes de régulation», Thèse préparée au LAAS_CNRS, Toulouse, 1995.
- [20] **HANSRUEDI BUHLER**, «Réglage par la logique floue», électricité, Collection, Presses Poly échues et Universitaires Romandes.
- [21] **D. LOTFI BAGHLI**, «contribution a la commande de la machine asynchrone, utilisation de la logique floue, réseaux de neurones et des algorithmes génétique », Thèse l'université Henri Poincaré, Nancy 14 janvier 1999.
- [22] **SAKIL MOUADH**, «Projets de fin d'études», génie électrique & automatique, Ecole Nationale d'ingénieurs de GABES-TUNISIE.