



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université Echahid Hamma Lakhdar. El Oued
Faculté de la Technologie
Mémoire de Fin d'Etude
En vue de l'obtention du diplôme de
MASTER ACADEMIQUE
Domaine : Sciences et Technologies
Filière : Electrotechnique
Spécialité : Réseaux Electriques



Thème

**Identification de l'état de surface
d'isolateur de haute tension utilisant le
méthode logique Floue**

Présenté par :

HOMMADI Yacine

AHMADI SALEM Khelifa

Encadré par :

Mr. GUIA Talal

2017/2018

Remerciement

*Nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir
accordé la volonté et le courage de mener à terme ce
travail.*

*Nous tenons à remercier Mr G UJA Talal et Dr
BOUREK Yacine , pour le temps qu 'il nous 'a
consacré, ses conseils avisés, ses remarques
pertinentes et très précieuses.*

*Nous aimerions aussi remercier nos familles, ainsi
que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la
réalisation de ce projet.*

Dédicace

Ahmadi Salem Khesifa

*Meilleures félicitations et meilleurs vœux Je dédie ce travail
en l'honneur et la gratitude à tous les parents en face de ma mère.
Je remercie également tous ceux qui m'ont soutenu en tout temps
Je voudrais également remercier tous mes professeurs de la
première à la dernière étape de l'université. Nous demandons au
Tout-Puissant de nous garder heureux et réussis.*

Hommadi Yacine

*Meilleures félicitations et meilleurs vœux Je dédie ce travail
en l'honneur et la gratitude à tous les parents en face de ma mère
et mon père . Je remercie également tous ceux qui m'ont soutenu
en tout temps . Je voudrais également remercier tous mes
professeurs de la première à la dernière étape de l'université.
Nous demandons au Tout-Puissant de nous garder heureux et
réussis.*

Résumé

Résumé

L'objectif de notre étude est de prédire la pollution de la chaîne d'isolateurs à haute tension, artificiellement pollué soumis sous l'influence de la conductivité de pollution et le courant de fuite mesure , et le Taux de distorsion de courant de fuite , en utilisant la technologie de la logique floue.

La base de données utilisée pour réaliser le concept de logique floue est obtenue expérimentalement par des tests réalisés au Laboratoire de Haute Tension de l'Université d'Eloued (réf [30]).

Les résultats obtenus sont très satisfaisants et montrent le haut rendement du FIS proposé pour prédire le taux de pollution de la chaîne d'isolateurs à haute tension, où les résultats ont été entièrement comparés à ceux obtenus par des essais pratiques.

Mots clés

Isolateur HT , Pollution , Logique flou , Conductivité de la pollution, Courant de fuite mesure , Taux de distorsion de courant de fuite .

Abstract

The objective of our study is to predict the pollution of the chain of high voltage insulators, artificially polluted subjected under the influence of pollution conductivity and leakage current measurement, and the leakage current distortion rate, using fuzzy logic technology.

The database used to realize the concept of fuzzy logic is obtained experimentally by tests carried out at the High Voltage Laboratory of the University of Eloued (ref [30]).

The results obtained are very satisfactory and show the high efficiency of the proposed FIS in predicting the pollution of the chain of high voltage insulators, where the results have been fully compared with those obtained by field tests.

Keywords

HT isolator ,Pollution, Fuzzy logic , pollution conductivity, leakage current measurement, the leakage current distortion rate.

المخلص

الهدف من دراستنا هو التنبؤ بنسبة تلوث من سلسلة عوازل الجهد العالي ، حيث توضع هذه العوازل الملوثة اصطناعياً تحت تأثير الموصلية للتلوث و تسرب الحالي المقاس ، ومعدل التشوه الحالي للتسرب باستخدام تقنية المنطق الضبابي.

يتم الحصول على قاعدة البيانات المستخدمة لتحقيق مفهوم المنطق الضبابي بشكل تجريبي بواسطة الاختبارات التي تم إجراؤها في مختبر الجهد العالي في جامعة الوادي(المرجع[30])

النتائج التي تم الحصول عليها مرضية للغاية وتظهر كفاءة عالية من SIF المقترح في التنبؤ بنسبة التلوث من سلسلة عوازل الجهد العالي ، حيث أظهرت النتائج تطابق تام مقارنة مع تلك التي تم الحصول عليها عن طريق الاختبارات العملية.

كلمات مفتاحية

عازل الجهد العالي ، تلوث ، موصلية التلوث ، تسرب الحالي المقاس ، المنطق الضبابي.

Sommaire

sommaire

Sommaire

Sommaire

Liste des figures.

Liste des tableaux.

Liste des symboles.

Introduction Générale 1

Chapitre I : Phénomène de pollution d'isolateur de haute Tension

I.1	Introduction.....	4
I.2	Les isolateurs.....	4
I.2.1	Définition.....	4
I.2.2	Fonctionnement et constitution d'un isolateur.....	4
I.2.3	Principaux types d'isolateurs.....	5
I.2.3.1	Isolateur de type rigide.....	5
I.2.3.2	Élément de chaîne.....	6
I.3	Pollution des isolateurs.....	9
I.3.1	Définitions.....	10
I.3.1.1	Contournement.....	10
I.3.1.2	Déroulement du contournement.....	10
I.3.1.3	Contrainte de contournement.....	11
I.3.1.4	Tension de contournement	11
I.3.1.5	Tension de tenue	11
I.3.1.6	Courant de fuite	11
I.3.1.7	Longueur critique d'arc	12
I.3.1.8	Conductance superficielle.....	12
I.3.2	Formation et répartition des couches polluantes.....	12
I.3.3	Source de pollution.....	13
I.3.3.1	Pollution naturelle.....	13

Sommaire

I.3.3.2	Pollution marine.....	13
I.3.3.3	Pollution désertique	13
I.3.3.4	Autre type de Pollution naturelle.....	13
I.3.4	Conséquences de la pollution.....	14
I.4	Mesure de la sévérité de la pollution des sites.....	15
I.4.1	Classification des sites pollués.....	15
I.4.2	Méthodes de mesures de la sévérité de pollution.....	16
I.5	Méthodes d'essais sous pollution.....	18
I.5.1	Essai sous pollution naturelle.....	18
I.5.2.1	Essais sous pollution artificielle.....	19
I.5.2.2	Méthode de la couche solide	19
I.5.2.3	Méthode du brouillard salin.....	19
I.5.2.4	Méthode de pollution liquide.....	19
I.6	Techniques de lutte contre la pollution.....	20
I.6.1	Allongement de la ligne de fuite.....	20
I.6.2	Isolateurs plats.....	20
I.6.3	Graissage périodique.....	20
I.6.4	Revêtement silicones.....	20
I.6.5	Isolateurs composites.....	21
I.6.6	Nettoyage des isolateurs.....	21
I.7	Conclusion.....	21

Chapitre II : La logique Floue

II.1	Introduction	23
II.2	Logique floue	23
II.3	Domaines d'application	24
II.4	Théorie et propriétés des ensembles flous	24
II.4.1	Notion d'appartenance partielle	24
II.4.2	Fonction d'appartenance.....	25
II.4.3	Propriétés des ensembles flous	30

Sommaire

II.4.4	Univers de discours et degré d'appartenance	31
II.4.5	Les variables floues (variables linguistiques)	32
II.4.6	Les opérateurs en logique floue.....	32
II.4.7	Règles floues	33
II.4.7.1	Principes et étape de mise en œuvre d'un mécanisme d'inférence flou.....	33
II.4.7.1.1	Fuzzification.....	34
II.4.7.1.2	Degré d'activation	35
II.4.7.1.3	Implication	35
II.4.7.1.4	Agrégation	36
II.4.7.1.5	Défuzzification	36
II.5	Conclusion.....	37

Chapitre III : Techniques Expérimentales et Résultats obtenus

III.1	Introduction.....	38
III.2	Objet d'essai.....	39
III.3	Résultats expérimentale.....	39
III.4	Prédiction de la pourcentage de pollution par logique floue	40
III.5	Système d'inférence floue (SIF).....	41
III.6	System d'inférence flou utilisé	41
III.6.1	Les entrées et la sortie choisies	42
III.6.2	Les fonctions d'appartenance.....	42
III.7.1	Table d'inférence.....	47
III.7.2	Résultats obtenus par logique floue.....	49
III.8	Conclusion.....	51
	Conclusion générale	52
	Bibliographique	55

Liste des figures

Liste des figures

Liste des figures

Liste des figures

Figure I.1	Isolateurs rigides en verre.....	6
Figure II.2	Assemblage des éléments de chaîne.....	7
Figure I.3	Isolateur à capot et tige.....	7
Figure I.4	Isolateur à long fût en porcelaine céramique.....	8
Figure I.5	Isolateur composite.....	9
Figure I.6	Pollution des isolateurs.....	10
Figure I.7	Déroutement du contournement.....	11
Figure II.1	Comparaison d'un ensemble classique et un ensemble flou.....	25
Figure II.2	Fonction caractéristique	26
Figure II.3	fonction d'appartenance	26
Figure II.4	fonction d'appartenance, variable et terme linguistique	27
Figure II.5	fonctions d'appartenance linéaires par morceaux.....	28
Figure II.6	fonction d'appartenance singleton	29
Figure II.7	Exemple de fonctions d'appartenance	29
Figure II.8	Principe de mécanisme d'un SIF.....	34
Figure II.9	Fuzzification	34
Figure II.10	Activation	35
Figure II.11	Implication	35
Figure II.12	Agrégation des règles	36
Figure II.13	Défuzzification par centre de gravité	37

Liste des figures

Figure III.1 Circuit d'essai à fréquence industrielle et montage réalisé au laboratoire de haute tension.....	39
Figure III.2 Système d'inférence flou (SIF).....	41
Figure III.3 Fenêtre de l'éditeur du SIF sous MATLAB.....	42
Figure III.4 Entrées et sortie du SIF proposés.....	43
Figure III.5 Fonction d'appartenance de la conductivité de pollution.....	45
Figure III.6 Fonction d'appartenance de le courant de fuite.....	45
Figure III.7 Fonction d'appartenance du Taux de distorsion de courant de fuite.....	46
Figure III.8 Fonction d'appartenance de le Pourcentage de pollution des isolateurs.....	46
Figure III.9 Editeur des règles floues.....	49

Liste des Tableaux

Liste des Tableaux

Liste des Tableaux

Liste des tableaux

Tableau II.1 Exemple d'opérateurs flous.....	32
Tableau III.1 pourcentage de pollution en fonction des différentes conductivités et valeur du courant de fuite et THD_I de ce courant.....	40
Tableau III.2 Nombre d'intervalles flous, nombre et types de fonctions d'appartenances des entrées.....	44
Tableau III.3 Nombre d'intervalles flous, nombre et types de fonctions d'appartenances de la sortie.....	44
Tableau III.4 L'ensemble des règles floue	48
Tableau III.5 Résultats des tests réalisés au laboratoire on utilisant le SIF.....	50

Liste des Symboles

Liste des Symboles

Liste des Symboles

Liste des Symboles

- HT : haute tension .
- LF : logique floue .
- SIF : système d'inférence floue .
- $hgt(A)$: hauteur d'un ensemble floue A.
- $C(A)$: Le noyau d'un ensemble.
- U : univers de discours .
- μ : degré d'appartenance.
- IF : courant de fuite .

Introduction générale

Introduction générale

Introduction générale

Introduction générale

Les besoins économiques et le bien être des populations font partie aujourd'hui des raisons d'un développement croissant des installations de production de transport et de transformation d'énergie électrique .L'approvisionnement de cette énergie électrique provenant des centrales exige l'installation des lignes aériennes et souterraines permettant l'alimentation des consommateurs.

Les lignes aériennes qui sont conçues, réalisées, entretenues sont exploitées conformément aux normes, prescription et directives de sécurité, de même qu'aux règles de l'art, sont exposées à diverses contraintes. Parmi celles-ci la pollution des isolateurs.

Les isolateurs sont parmi les composants les plus importants des réseaux aériens de transport et de distribution de l'énergie électrique puisqu'ils assurent à la fois le support mécanique des parties portées à la haute tension et l'isolation électrique de ces dernières avec les parties mises à la terre ou énergisées .Premièrement conçus en verre et en céramique, la fabrication des isolateurs a connu, à travers des années, une évolution notable, et ceci dans le but d'accroître leurs performances quelle que soient les conditions météorologiques et environnementales auxquelles ils sont exposés .

En effet, une perturbation de l'isolation électrique assurée par l'isolateur peut entraîner, dans certaines circonstances, son contournement et donc un risque majeur sur la fiabilité et le fonctionnement du système de transmission de l'énergie électrique par voies aériennes. Plusieurs cause sont à l'origine de contournement électrique comme les surtensions transitoires sur les réseaux électriques (foudres, enclenchement et ouvertures des lignes, les dépôts de pollution atmosphérique ou encore dans les régions froides, les précipitations atmosphériques givrantes) .

Le premier chapitre du notre travail, est consacré à l'étude des phénomènes de pollution et leurs conséquences sur le transport d'énergie électrique. Les principaux paramètres associés ainsi que les méthodes de mesure et les moyens de lutte contre ce phénomène, sont également présentés.

Dans le deuxième chapitre nous parlerons de la théorie de logique floue pour se familiariser avec ces astuces et principes de raisonnement.

Introduction générale

Le troisième chapitre est l'essentielle de ce mémoire, où nous appliquerons le système d'inférences floues (SIF) pour la prédiction de pourcentage de la pollution de la chaîne d'isolateurs de haute tension de type NJ120 artificiellement pollué.

Il est très important de mentionner que les résultats pratiques qui seront présentés dans ce dernier chapitre sont réalisés au niveau du laboratoire de haute tension à l'université d'eloued par d'autres personnes. Leur travail mentionné sera utilisé pour collecter la base de données qu'on utilisera pour la création de la table d'inférence impliquée dans le SIF qu'on proposera pour la prédiction de pourcentage de la pollution de la chaîne d'isolateurs qu'on étudiera.

Les équipements et les appareillages de ce laboratoire, avec les montages utilisés dans les essais. Notre mémoire sera clôturé par une conclusion générale.

Chapitre I : Phénomène de pollution d'isolateur de haute Tension

I.1 Introduction

Le phénomène de pollution des lignes aériennes constitue un sujet d'étude d'une importance primordiale. Cela provient du fait que la pollution des isolateurs constitue un sérieux problème pour l'exploitation des réseaux de haut tension. En effet, et suite à l'interaction entre, l'air transportant des grains de poussière et l'isolateur, une couche étrangère se dépose sur les surfaces de celui-ci[1] . une fois cette couche humidifiée la tension de tenue peut diminuer considérablement, provoquant des incidents très graves. Cela est lié à plusieurs facteurs dont les plus importants sont la nature de l'agent polluant et le profil de l'isolateur .

I.2 Les isolateurs

Les isolateurs sont des éléments essentiels dans la conception des ouvrages haute tension. Leur principal rôle est d'assurer l'isolement électrique entre les parties sous tension et celles mise à la terre [2]. De plus il est nécessaire que le choix du type d'isolateur, les contrôles de réception, la surveillance en exploitation doivent être faits avec un maximum de soin.

I.2.1 Définition

L'isolateur est un matériau isolant solide que présente une très grande résistance au passage du courant et dont la conductibilité est pratiquement nulle. Il est utilisé pour isoler les conducteurs ou les pièces sous tension afin d'empêcher les Court-circulation, les pertes de courant et les charges d'électrocution.

I.2.2 Fonctionnement et constitution d'un isolateur

Les isolateurs sont des composants indispensables au transport et à la distribution de l'énergie électrique. Leur fonction est de réaliser une liaison mécanique entre des conducteurs portés à des potentiels différents accrochés aux pylônes des lignes aériennes, ils maintiennent les conducteurs dans la position spécifiée (isolateurs d'alignement et d'ancrage), ils assurent la transition entre l'isolation interne (huile, SF6) et l'isolation externe, ils permettent de raccorder les matériels électriques au réseau (traversées de transformateur, extrémités de câbles) et ils constituent,

également, l'enveloppe de certains appareils (disjoncteurs, parafoudres, réducteurs de mesure) [3].

Les isolateurs sont conçus et dimensionnés pour résister aux contraintes prévisibles introduites par l'environnement [4]. Du point de vue électrique, l'isolateur est considéré comme étant deux électrodes dont l'intervalle comporte trois zones constituant trois isolants en parallèle ayant des comportements différents [4]: l'intervalle d'air.

Le matériau diélectrique l'interface air-matériau diélectrique (la longueur de l'interface constitue la ligne de fuite ; ligne le long de laquelle circulerait le courant de fuite).

I.2.3 Principaux types d'isolateurs

On peut distinguer deux types principaux d'isolateurs : les isolateurs de type rigide et les éléments de chaîne.

I.2.3.1 Isolateur de type rigide

Un isolateur rigide (figure 1) est relié au support par une ferrure fixe. Cet isolateur est principalement soumis à des efforts de flexion et de compression, lorsqu'il est placé en position verticale. Il peut, dans certains cas, être placé horizontalement voire à l'oblique.

Les isolateurs rigides normalisés en céramique (normes NF C 66-133 et NF C 66-134) sont constitués d'un fût massif, ils ont remplacé les anciens isolateurs rigides en céramique formés de plusieurs cloches.

Les isolateurs rigides normalisés en verre (normes NF C 66-233 et NF C 66-234) sont constitués de plusieurs cloches en verre recuit (Figure I.1 a) ; un isolateur en verre trempé (Figure I.1 b) (NF C 66-235) destiné à remplacer ces isolateurs est également normalisé .

Tous les isolateurs rigides normalisés sont livrés avec une douille scellée de telle façon qu'ils puissent être vissés directement sur les ferrures correspondantes.

Le scellement au plâtre, lors du montage de la ligne, opération délicate, est ainsi évité.

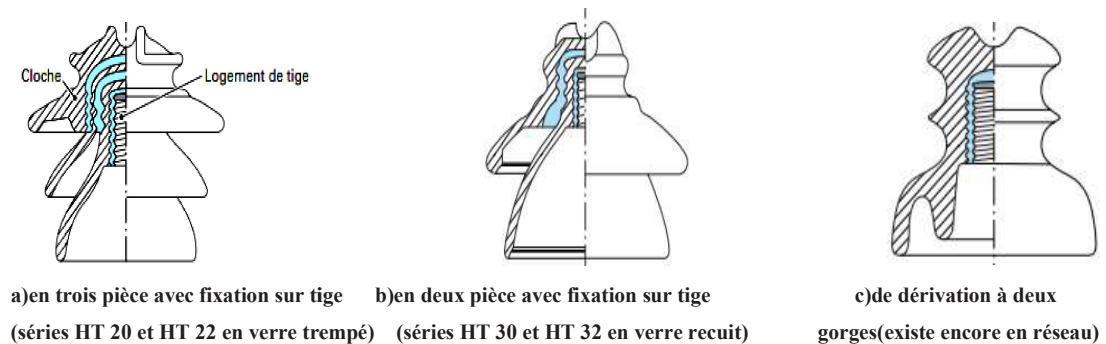
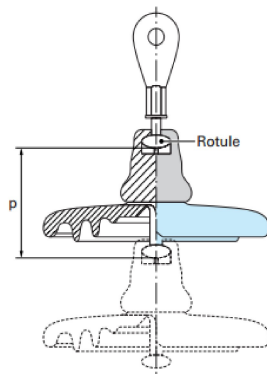


Figure I.1 Isolateurs rigides en verre

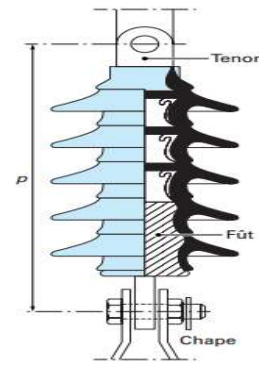
I.2.3.2 Élément de chaîne

C'est un isolateur constitué par un matériau isolant équipé de pièces métalliques de liaison, nécessaires pour le relier de façon flexible à d'autres éléments de chaîne, à la pince de suspension du conducteur ou au support. Ces éléments sont généralement utilisés en suspension et forment des chaînes d'isolateurs soit verticales (chaînes d'alignement), soit horizontales (chaînes d'ancrage). La liaison entre deux éléments successifs est réalisée par des systèmes métalliques soit à rotule et logement de rotule (Figure II.2 a) (ball and socket), soit à chape et tenon (Figure II.2 b).

Il existe deux types principaux d'éléments de chaîne : les isolateurs à capot et tige et les isolateurs à long fût.



a) assemblage à rotule



b) assemblage à chape et tenon

Figure I.2 Assemblage des éléments de chaîne

A. Isolateurs à capot et tige

La coupe d'un tel isolateur est schématisée sur la figure(I.3). La forme de la tête est dessinée de sorte que les efforts de traction appliqués à l'isolateur se transforment autant que possible, en compression des diélectriques sur lesquels apparaissent toutefois, inévitablement certaines contraintes de cisaillement. La forme en contre dépouille de l'intérieur de la tête, nécessaire à l'accrochage du scellement de la tige est obtenue soit par le pas d'une vis qui se dégage après le pressage du diélectrique, soit par une déformation ou un usinage postérieur à la formation de la tête, dans le cas d'isolateurs en céramique. Cette contre-dépouille peut être évitée pour ces isolateurs par l'application, avant cuisson, de petits morceaux de pâtes précuites qui, après cuisson, feront corps avec la pièce et permettront l'accrochage du mortier ; ce procédé connu sous le nom de *Sandage* est couramment utilisé.

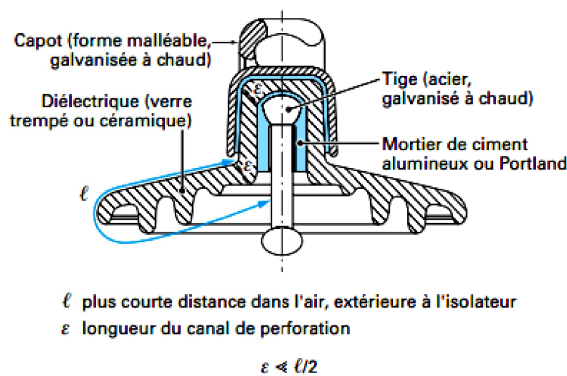


Figure I.3 Isolateur à capot et tige

B. Isolateurs à long fût

• En céramique

Ils sont constitués d'un bâton cylindrique plein en céramique, muni d'ailettes Figure(I.4). À chaque extrémité est fixée une pièce métallique de liaison ; celle-ci peut être enveloppante en forme de capot scellé autour des extrémités tronconiques prévues sur le bâton, ou bien en forme de tige scellée dans une cavité prévue à cet effet.

De tels isolateurs peuvent être utilisés unitairement ou en série de plusieurs éléments en fonction de leur longueur et du niveau d'isolement requis.



Figure I.4 Isolateur à long fût en porcelaine céramique

l plus courte distance dans l'air, extérieure à l'isolateur

p pas nominal

ε longueur du canal de perforation

$\varepsilon \gg l/2$

• En matériaux synthétiques

L'intérêt principal de tels isolateurs Figure (I.5) est leur meilleure tenue à la pollution leur faible encombrement, leur résistance au vandalisme et leur légèreté, en particulier lorsqu'on les compare aux chaînes d'isolateurs pour les lignes de tension électrique élevée. De par leur constitution, ces isolateurs sont appelés isolateurs composites.

Cette technologie s'est développée très rapidement depuis environ trente ans dans le monde entier ; les essais appliqués à ces isolateurs sont régis par la publication CEI61109. Celle-ci est en permanente évolution compte tenu des premiers retours d'expérience d'un certain nombre d'isolateurs placés en réseau dans le monde entier, ce qui permet d'avoir une idée plus précise du comportement de cette technique relativement nouvelle.

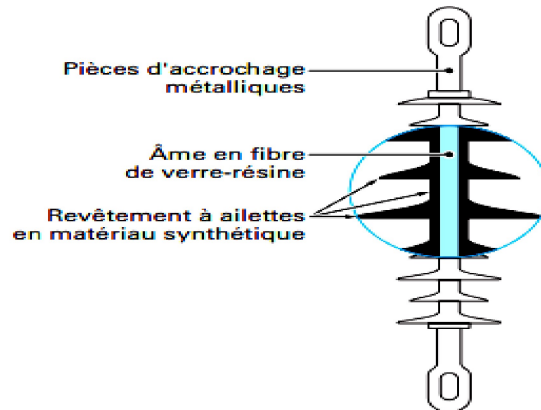


Figure I.5 Isolateur composite

I.3 Pollution des isolateurs

La pollution est un phénomène qui constitue un sérieux problème sur l'isolement des ouvrages de haute tension, dont il faut tenir compte lors du dimensionnement de l'isolement des lignes de haute tension. Ceci est dû à la formation des couches plus ou moins conductrices sur la surface des isolateurs. 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.

L'échauffement de la couche polluante conductrice humidifiée, provoqué par la circulation des courants de fuite sur la surface de ces isolateurs, entraîne des assèchements locaux de la couche de pollution et l'apparition d'arcs de petite longueur (arcs partiels). Dans certaines conditions, ces arcs partiels peuvent se développer jusqu'à provoquer le contournement total des isolateurs, en connectant l'extrémité sous haute tension à celle mise à la terre, et conduisant ainsi à la mise hors service de l'ensemble de l'installation [3].

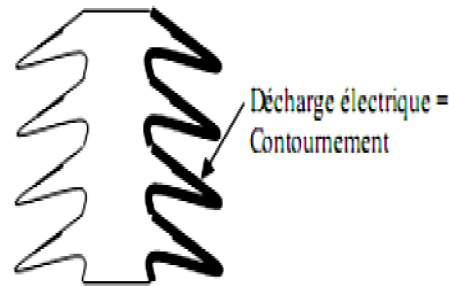


Figure I.6 Pollution des isolateurs

I.3.1 Définitions

I.3.1.1 Contournement

Le contournement est représenté par une décharge disruptive le long d'une surface solide dont la trajectoire contourne cette dernière. Aussi le terme contournement est employé pour des décharges par amorçage dans l'air.

I.3.1.2 Déroulement du contournement

Phase 1 (dépôt de pollution): Des grains de pollution se déposent sur la surface de l'isolateur (Figure. I.7.a).

Phase 2(Formation d'un électrolyte conducteur): A sec ,la résistance superficielle reste élevée malgré le dépôt de pollution.

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 (I_f) circulant sur la surface de l'isolateur (Figure. I.7.b).

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.7.c).

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 $\Rightarrow$ pas de contournement (Figure. I.7.d).

- Soit la décharge progresse sur la surface $\Rightarrow$ contournement de l'isolateur (Figure. I.7.e)

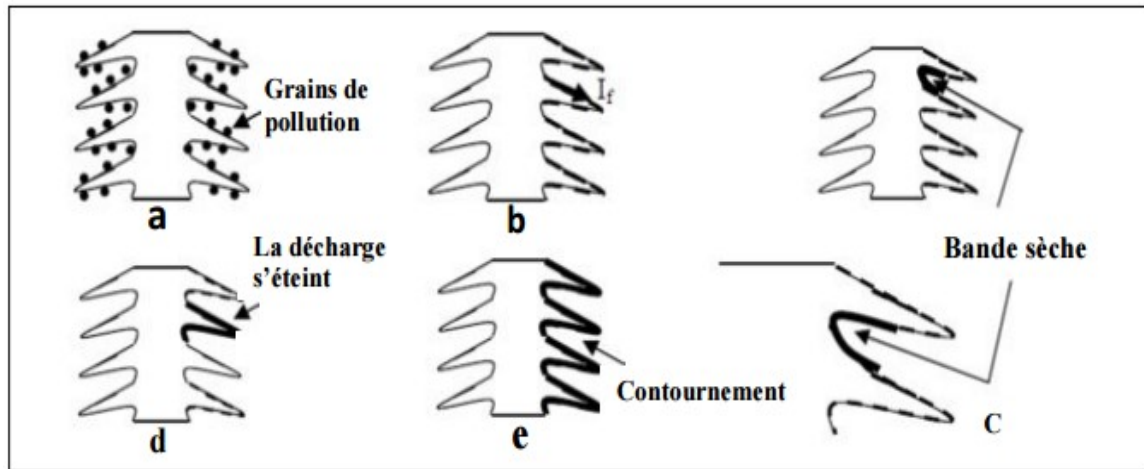


Figure I.7 Déroulement du contournement

I.3.1.3 Contrainte de contournement

La contrainte de contournement d'un isolateur est le rapport de tension contournement à la longueur totale de l'isolateur.

I.3.1.4 Tension de contournement

La tension de contournement est le niveau de tension le plus bas à partir du quel tous les arcs joignent les deux électrodes. [5] Elle dépend :

- ✓ De la résistivité volumique moyenne de la pollution.
- ✓ De la répartition de la couche de pollution.
- ✓ Du profil et des dimensions de l'isolateur.

I.3.1.5 Tension de tenue

C'est le niveau de tension le plus important, que peut supporter une isolation sans provoquer de décharge disruptive (contournement dans le cas des isolateur).[6]

I.3.1.6 Courant de fuite :

C'est un courant de nature impulsionnelle . Il est de faible amplitude, circulant à travers la couche polluante le long de surface de l'isolateur .

Il est donc à caractère électrolytique et de type résistif. Il devient important lorsqu'on s'approche de la tension de contournement .

Il dépend de plusieurs facteurs, entre autres, la nature de la couche de pollution, la longueur de la ligne de fuite et les conditions atmosphériques.

- **courant de fuite critique** : C'est le courant minimal nécessaire pour provoquer le contournement sous pollution d'un isolateur à tension donnée.

Il est indépendant du procédé d'essai ainsi que la forme de l'isolateur.

Le seul facteur dont dépend ce courant sous une tension donnée est la ligne de fuite, c'est à dire la contrainte spécifique exprimée en kV/cm .

I.3.1.7 Longueur critique d'arc

C'est la longueur limite de l'arc partiel au-delà de laquelle l'arc conduira au contournement total.

I.3.1.8 Conductance superficielle

La conductance superficielle est le rapport du courant de fuite circulant à la surface de l'isolateur sur la tension appliquée. Elle caractérise l'état global de la surface isolante.

I.3.2 Formation et répartition des couches polluantes

Les couches de pollution se déposent progressivement sur les surfaces des isolateurs des lignes de haute tension, du fait qu'ils forment des obstacles à l'écoulement d'air, transportant de diverses substances organiques ou minérales (poussières, sel marin, fumée, engrais,...). La couche de pollution se concentre en général, dans les parties protégées contre les facteurs de nettoyage naturel (vent violent, pluie abondante,...). La répartition de la pollution est loin d'être uniforme et homogène et dépend essentiellement :

Du profil de l'isolateur (forme géométrique de la surface) .

- De l'orientation (verticale ou inclinée) de la chaîne par rapport au sol .
- De la distance à la source de la pollution .
- De la nature des dépôts, poids et taille des particules .

- Des caractéristiques climatiques du site (vent, pluie, givre,...) .
- Des caractéristiques géographiques du site zone urbaine, industrielle, littoral , Sahara,...etc.[1]

I.3.3 Source de pollution

La nature de la pollution est sujette à l'origine des agents entrant dans sa formation. On distingue trois sources :

- 1- Pollution naturelle.
- 2- Pollution industrielle.
- 3- Pollution mixte.

I.3.3.1 Pollution naturelle

Elle dépend du climat et des facteurs météorologiques des régions .Elle est constituée de dépôts de poussières véhiculées par les vents tels que: sable embruns marins,...etc., ces dépôts, et selon leur nature, se présentent comme suit :

I.3.3.2 Pollution marine

Dans les installations au voisinage de la mer, les embruns portés par le vent se déposent progressivement sur les isolateurs, formant ainsi, une couche de sel qui recouvre toute leur surface. Cette couche, qui humidifiée par les embruns eux-mêmes, devient de plus en plus conductrice. Ce qui donne naissance à des courants de fuite encore plus intenses, et des arcs pouvant se développer jusqu'à provoquer le contournement total de l'isolateur .

I.3.3.3 Pollution désertique

Dans les régions désertiques, la pollution est due surtout aux tempêtes de sable. La densité de sel dans le sable est très élevée, et la rosée matinale est la seule source d'humidification dans ces régions. Cette humidification favorise la conduction sur la surface isolante .

I.3.3.4 Autre type de Pollution naturelle

La pluie est un phénomène naturel. Dans certaines conditions de pluie violente, un film continu d'eau peut s'établir d'une extrémité à l'autre de la chaîne d'isolateur

Comme l'eau n'est jamais parfaitement isolante, ce phénomène peut conduire au contournement; c'est le contournement sous pluie.

A. Pollution industrielle:

Dans des zones à forte concentration industrielle, au voisinage des usines de pétrochimie, de cimenteries, ...etc., les isolateurs se 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.

De plus, dans les régions agricoles, les agents polluants peuvent être insecticide, engrais, grains de pollens, 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 .

B. Pollution mixte:

La pollution mixte est la plus sévère pour l'exploitation des ouvrages électriques. Car elle résulte de la combinaison entre deux ou plusieurs pollutions précitées. La couche électrolytique formée par le processus d'humidification des dépôts solides accumulés progressivement sur la surface des isolateurs, engendre une diminution considérable de la rigidité diélectrique .

I.3.4 Conséquences de la pollution

Les couches polluantes qui s'accumulent à la surface des isolateurs provoquent une conductivité électrique superficielle [7]. Celle-ci modifie la répartition du potentiel le long de la ligne de fuite. Suivant les conditions atmosphériques (pluie fine, brouillard,...), 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 circuit une partie de la ligne de fuite.

Trois cas peuvent se présenter selon les contraintes auxquelles est soumis l'isolateur

A. Arc non localisé :

L'arc électrique s'éteint rapidement, puis se réamorce à un autre endroit et ainsi de suite. Il y a apparition de courant de fuite entraînant une petite perte d'énergie, généralement supportable par l'installation [8].

B. Arc fixe :

L'arc électrique se fixe sur la surface, 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 nécessitant le remplacement de l'élément défaillant.

C. Court-circuit :

Dans ce cas, l'arc électrique atteint l'électrode opposée. Ainsi, la formation d'un pont conducteur sur la surface isolante polluée favorise le passage d'un fort courant, ce cas engendre la rupture totale de l'isolation [8].

I.4 Mesure de la sévérité de la pollution des sites**I.4.1 Classification des sites pollués**

Il est possible de caractériser la sévérité de la pollution d'un site en utilisant par exemple, la méthode du brouillard salin équivalent. La sévérité considérée est alors exprimée en terme de salinité équivalente. En effet, on peut faire correspondre à chaque site ou règne indifféremment une pollution naturelle, industrielle ou mixte une solution saline équivalente.

Afin de définir l'isolement des lignes de transport et d'établir la corrélation entre la salinité équivalente et le niveau de pollution naturelle, quatre classes de sévérité ont été proposées :

Classe 1 : Cette classe correspond à une pollution faible d'origine naturelle excepté marine. Elle concerne généralement des zones non industrielles ayant une faible densité d'habitations, situées loin de la mer.

Un isolement normal convient facilement pour ces zones. La salinité équivalente maximale retenue pour cette classe correspond à une pulvérisation d'une solution de chlorure de sodium [NaCl] à 2.5 g/l de concentration.

Classe 2 : Cette classe correspond à une pollution moyenne, naturelle (excepté marine) ou faiblement industrielle.

Elle correspond à des zones à moyenne densité d'habitation et situées loin de la mer. Ces zones nécessitent un isolement renforcé. En classe 2, la salinité équivalente maximale retenue est de 10 g/l [NaCl].

Classe 3 : Elle correspond à une forte pollution marine et industrielle. Les zones considérées possèdent une forte densité d'habitation et situées près de la mer, donc exposées à des embruns marins relativement forts.

Ces sites nécessitent un isolement important. La salinité équivalente maximale, concernant cette classe, est 80 g/l [NaCl].

Classe 4 : Elle correspond à des zones où le niveau de pollution est exceptionnel. La pollution dans ces zones peut être naturelle, industrielle ou mixte.

Ces zones sont sujettes aux fumées industrielles et aux poussières conductrices produisant des dépôts très épais, et situées très proches de la côte et donc soumises à des vents marins très forts et très polluants.

Elles nécessitent un isolement exceptionnel. La salinité équivalente maximale, pour cette classe, est de 160 g/L.

I.4.2 Méthodes de mesures de la sévérité de pollution

Le choix des isolateurs à installer sur le réseau ne peut se faire que si la sévérité de la pollution est connue. Les principales méthodes qui ont été employées pour caractériser la sévérité d'un site sont :

A. La densité du dépôt de sel équivalent (DDSE)

Cette méthode consiste à nettoyer la surface d'un isolateur pollué à l'aide d'une matière absorbante (coton) et de l'eau distillée. La conduction de la solution

contaminant permet par une mesure, d'obtenir la qualité équivalente de sel et par suite de déterminer la salinité équivalente.

B. Conductance superficielle

A l'aide de mesure de courant de fuite d'un isolateur pollué dans un site donnée nous mesurons le rapport : $G = I / V$

La conductivité superficielle est obtenue en multipliant la conductance G par un facteur de forme de l'isolateur, généralement la tension est appliquée aux électrodes terminales, ce qui fournit la conductivité superficielle globale de l'isolateur.

C. Courant de fuite

Si deux isolateurs identiques, l'un exposé à la pollution naturelle dans site donnée et l'autre pollué artificiellement dans un laboratoire, présentent les mêmes valeurs maximales du courant de fuite, sous une même tension, on peut dire que la pollution artificielle est alors équivalente à la pollution naturelle (réelle du site).

D. Contrainte de contournement

La contrainte de contournement d'un isolateur est la tension de contournement divisée par la longueur totale de l'isolateur. Sur site, la contrainte de contournement peut être mesurée de différentes façons [9].

- Installation de chaînes d'isolateurs de même type, mais de différentes longueurs, et à une tension constante. On estime les probabilités de contournement à partir des proportions d'amorçage enregistrées.
- Une autre méthode consiste à disposer des fusibles sur chaque chaîne, afin que la chaîne accroisse sa longueur effective jusqu'à atteindre le niveau de tenue en tension.

E. Mesure de la pollution de l'air

Les mesures de pollution de l'air s'effectuent sur une période de temps donnée et permettent d'évaluer l'intensité et les caractéristiques de la pollution de l'air sur un site.

Les méthodes de mesure adoptées partent du principe qu'en ce qui concerne les phénomènes de contournement, une corrélation peut être établie entre l'analyse physico-chimique de l'air dans un site et la sévérité de la pollution de même site [9].

F. Mesures optiques

Le but des mesures optiques est d'évaluer l'épaisseur de la couche de pollution déposée à la surface de l'isolateur.

Un dispositif à rayons lasers permet à partir des rayons réfléchis (amplitude, décalage de phase, ...etc.), de calculer la constante diélectrique et l'épaisseur de la couche de pollution. La mesure de la sévérité de la pollution peut ainsi se faire sans toucher à cette couche [9].

I.5 Méthodes d'essais sous pollution

Pour comparer les performances de divers types d'isolateurs et sélectionner ceux qui présentent le meilleur comportement sous pollution, il est nécessaire de les soumettre à des essais. Ces derniers peuvent être effectués dans les conditions naturelles (sur site) ou au laboratoire.

On distingue deux catégories de recherches sur les isolateurs pollués : les essais sous pollution naturelle et les essais sous pollution artificielle [10].

I.5.1 Essais sous pollution naturelle

Ils consistent à installer, dans les différents sites pollués, des stations dans lesquelles on observe le comportement d'un certain nombre de chaînes d'isolateurs de longueurs ou de profils différents. Les qualités respectives de ces isolateurs placés sous la même tension, sont appréciées en fonction des temps au contournement. On peut classer les isolateurs en distinguant ceux qui ont contourné de ceux qui ont tenu, durant deux ou trois ans d'exposition, par exemple [10].

Ces essais ont l'avantage de tenir compte de l'effet de toutes les contraintes, dans toutes leurs complexités sur un site donné. L'inconvénient majeur de ces essais est qu'ils nécessitent plusieurs années, pour pouvoir étudier valablement les performances des isolateurs.

I.5.2 Essais sous pollution artificielle

Ils consistent à reproduire en laboratoire les conditions de la pollution naturelle. Ils sont aujourd'hui largement utilisés et ont l'avantage d'être rapides. Les méthodes d'essais qui demeurent actuellement normalisées sont les méthodes de la couche solide, la méthode du brouillard salin et la méthode de la pollution liquide [10].

I.5.2.1 Méthode de la couche solide

Dans ces méthodes, la surface isolante est recouverte par pulvérisation d'une couche de pollution solide constituée de chlorure de sodium et d'un agent liant inerte. La conductivité de cette suspension est réglée par addition d'une certaine quantité de chlorure de sodium [11]. Si l'humidification s'effectue après application de la tension (méthode du brouillard à vapeur), le paramètre de sévérité est défini par la densité de dépôt de sel en mg/cm^2 . Par ailleurs, si l'humidification a lieu avant l'application de la tension, le paramètre de sévérité est défini par la conductivité de la couche polluante. Certains chercheurs ont utilisé une couche semi-conductrice comme agent polluant.

I.5.2.2 Méthode du brouillard salin

La solution saline utilisée dans la méthode du brouillard salin représente assez bien la pollution marine contenant un peu de matière insoluble. Dans cette méthode l'isolateur soumis à la tension d'essai, est placée dans un brouillard salin dont le taux de salinité définit la sévérité. D'après la classification des sites pollués, les valeurs de salinités appliquées sont choisies selon une progression allant de 2.5 à 160 kg/m^3 .

I.5.2.3 Méthode de pollution liquide

Cette méthode s'apparente à la méthode du brouillard propre dans la mesure où un mélange liquide est appliqué sur l'isolateur avant l'essai. Cependant, dans ce cas la pollution, n'est pas séchée avant l'essai. Elle est constituée d'eau, de craie et de méthylcellulose ou de kaolin. Comme pour la méthode de la couche solide la conductivité est ajustée par addition de chlorure de sodium.

Après quelques minutes d'égouttage, la tension d'essai est appliquée à l'isolateur sans humidification supplémentaire.

I.6 Techniques de lutte contre la pollution

L'augmentation du degré de pollution représente un risque immense pour les installations électriques [5]. Pour cela plusieurs techniques de lutte contre la pollution sont utilisées.

I.6.1 Allongement de la ligne de fuite

Cette méthode permet d'adapter le dimensionnement aux nouvelles conditions de pollution. Deux techniques sont utilisées :

- A- Le changement de type d'isolateur (pour rallonger la ligne de fuite) : c'est une technique très coûteuse et souvent impossible à réaliser en poste.
- B- L'utilisation de prolonger de ligne de fuite en matériaux polymères, qui sont collés sur la surface des isolateurs existants [12].

I.6.2 Isolateurs plats

Les isolateurs sans nervures ont la propriété d'accumuler moins de pollution que les isolateurs traditionnels et s'auto nettoient sous l'effet du vent [13].

I.6.3 Graissage périodique

Par mesure économique, seule les isolateurs de postes sont concernés [5]. On utilise des graisses silicones. Grâce à ses propriétés hydrophobes, la graisse protège temporairement les isolateurs.

I.6.4 Revêtement silicone

Cette méthode consiste à appliquer, par pulvérisation ou au pinceau [13], un caoutchouc silicone qui se vulcanise à température ambiante à la surface des isolateurs.

Ce revêtement protège les isolateurs et améliore leurs tenues sous pollution.

I.6.4.1 Les isolateurs composites

Ils ont de bonnes propriétés hydrophobes et peuvent être utilisés dans des conditions de pollution très sévères [14, 15]. Cependant, ces isolateurs, revêtus d'un polymère voient leurs caractéristiques changer au cours du temps ; ils peuvent vieillir sous l'effet des différentes contraintes (électriques et climatiques) auxquelles ils sont soumis en service.

I.6.4.2 Nettoyage des isolateurs

Le nettoyage manuel et le lavage périodique hors tension sont fréquemment utilisés à travers le monde [5].

Néanmoins, l'application de ces méthodes pose des problèmes majeurs à cause des interruptions de service, parfois assez longues. Pour éviter ces coupures, un lavage sous tension des isolateurs est réalisé à l'aide d'installations fixes ou mobiles. Dans les deux cas, il est effectué selon des règles strictes concernant la qualité de l'eau du lavage, le processus du lavage et les distances de sécurité, et ce afin d'éliminer tout risque de contournement pendant le lavage [16].

I.7 Conclusion

La pollution des isolateurs est un facteur essentiel dont il faut tenir compte dans la conception des lignes électriques de haute tension. Pour mieux dimensionner l'isolateur, il est indispensable de connaître la sévérité de la pollution des sites concernés. La connaissance de cette sévérité consiste à étudier les différents paramètres qui définissent l'état de dégradation de l'isolation. Il n'en demeure pas moins que trois années sont au minimum nécessaires pour déterminer la sévérité d'un site.

La tension de contournement d'un isolateur pollué dépend essentiellement de la conductivité du dépôt polluant (degré de pollution) ainsi que de la répartition de la couche de pollution sur la surface isolante. La connaissance de ce degré de pollution est par conséquent, une condition préalable et indispensable pour apprécier le niveau de l'isolement des ouvrages installés sur site, en vue de dimensionner convenablement l'isolation.

Chapitre II : La logique Floue

II.1 Introduction

La logique floue, dans la plupart des applications actuelles, permet de prendre en compte toutes sortes de connaissances qualitatives de concepteurs et d'opérateurs dans l'automatisation des systèmes .

Elle suscite en France un intérêt médiatique depuis le début des années 90. Les nombreuses applications dans l'électroménager et l'électronique grand public réalisées notamment au japon en ont été l'élément déclenchant. Machines à laver sans réglage, caméscopes anti-bougé et de nombreuses autres innovations ont fait connaître le terme « logique floue » à un large public .

Dans l'automobile les transmissions automatiques, les contrôles d'injection et d'anti cliquetis , l'air conditionné sont réalisés sur des véhicules de série grâce à la logique floue .

Dans le domaine des processus de production, continue et par lots, et dans les automatismes (qui nous intéressent essentiellement ici) les applications se sont également multipliées. La logique floue s'y développe car il s'agit d'une approche essentiellement pragmatique, efficace et générique. On dit parfois qu'elle permet de systématiser ce qui est du domaine de l'empirisme, et donc difficile à maîtriser. La théorie des ensembles flous fournit une méthode pertinente et facilement réalisable dans des applications temps réel ; elle permet de transcrire et rendre dynamiques les connaissances des concepteurs ou des opérateurs .

Cet aspect adaptable et universel de la logique floue permet de s'attaquer à l'automatisation de procédures telles que la mise en route, le réglage de paramètres pour lesquelles peu d'approches existaient auparavant .[17]

II.2 Logique floue

C'est en 1965, à l'université de Berkeley, que Lofti Askar Zadeh a développé la logique floue (LF) en s'appuyant sur sa théorie mathématique des ensembles flous pour modéliser les connaissances imprécises et incertaines comme l'est le raisonnement humains .

Un ordinateur lui, est basé sur la logique classique traitant des données exactes. L'idée de la logique floue est de transmettre cette faculté du raisonnement humain et de faire accepter des données imprécises à un ordinateur .

La notion de sous-ensemble flou a pour but de permettre des niveaux dans l'appartenance d'un élément à une classe , c'est-à-dire de faire correspondre un degré de vérité (d'appartenance) à une variable qui peut être linguistique .

Ce niveau d'appartenance d'un élément à une classe permet la modélisation de l'observation humaine exprimée sous forme linguistique .[18]

II.3 Domaines d'application

Les principaux domaines de recherche et d'application de la logique floue sont les suivants[19] :

- Automatisation de la production du fer et de l'acier, purification de l'eau chaînes démontage et robots de fabrication .
- Commande des instruments (capteurs, et instruments de mesure), et reconnaissance de voix et de caractères .
- Conception, jugement et décision (consultation, investissement et développement, horaires de train) .
- Commande des unités arithmétiques, des micro-ordinateurs, et réalisation des opérateurs .
- Traitement d'information telles que les données, recherche de l'information, modélisation des systèmes, ...etc. .

II.4 Théorie des ensembles flous

II.4.1 Notion d'appartenance partielle

Dans la théorie des ensembles classique, 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 comptes de situations pourtant simples et rencontrées fréquemment.

Par ex : Parmi des fruits, il est facile de définir l'ensemble des pommes. Par contre, il 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[20] .

C'est pour prendre en compte de telles situations, qu'a été créée la notion d'ensemble floue. 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 .

Les contours de chaque ensemble flou Figure (II.1) ne sont pas « nets »,mais «flous » ou « graduels »[21] .

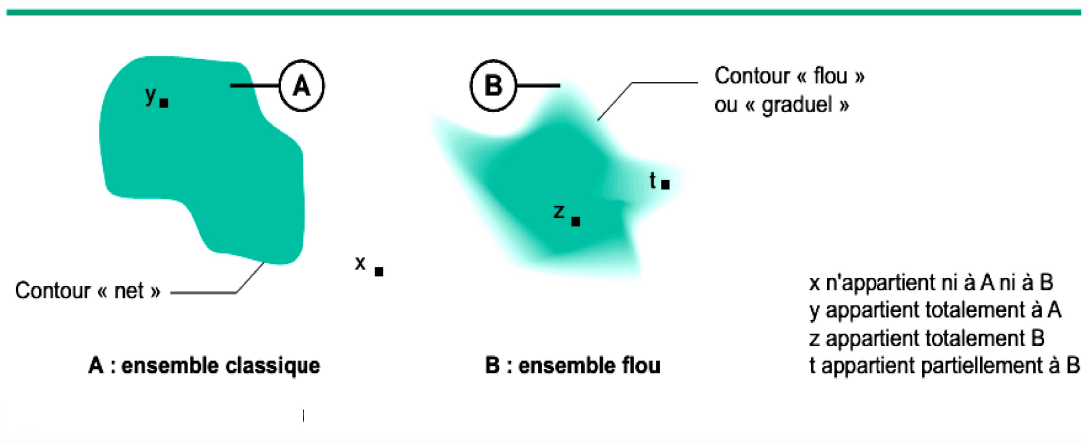


Figure II.1 Comparaison d'un ensemble classique et un ensemble flou[21] .

II.4.2 Fonction d'appartenance

Un ensemble flou est défini par sa « Fonction d'appartenance », qui correspond à la notion de « fonction caractéristiques » 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 caractéristiques de l'ensemble Figure (II.2) donne « 0 » pour les tailles hors de l'intervalle [1.60m ; 1.80m] et « 1 » dans cet intervalle [20].

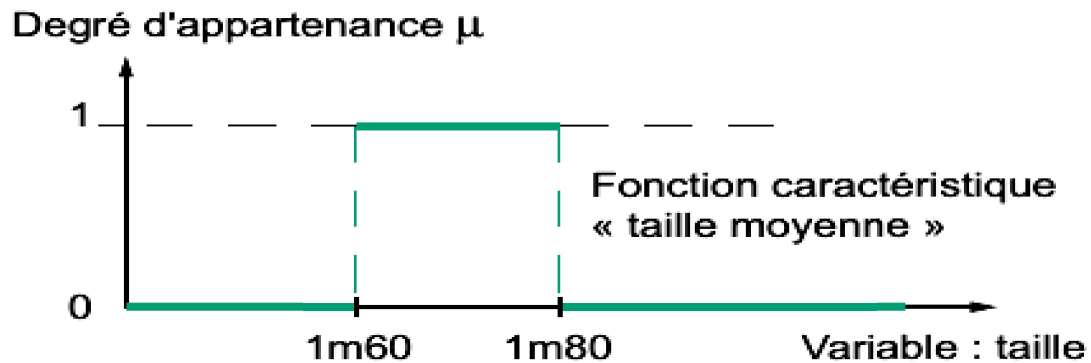


Figure II.2 Fonction caractéristique .

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 $[0 - 1]$. A chaque taille possible correspondra un « degré d'appartenance » à l'ensemble flou des « tailles moyennes » figure (II.3) , compris entre 0 et 1[22].

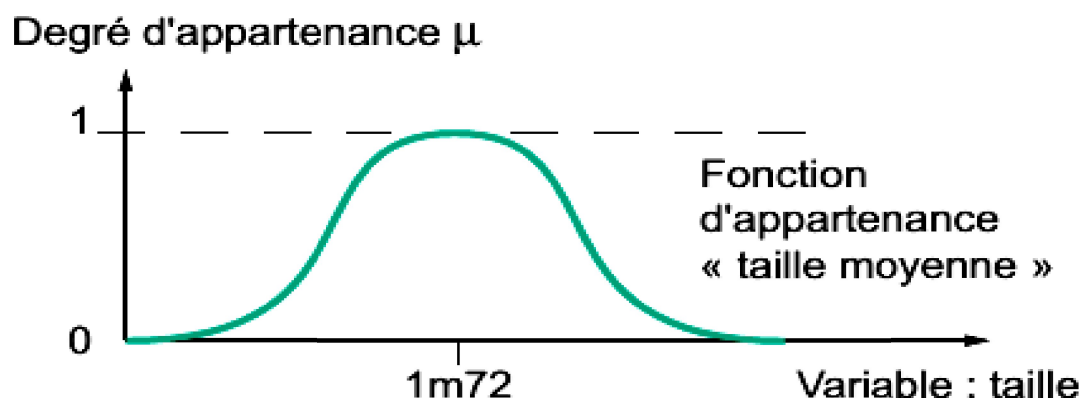


Figure II.3 fonction d'appartenance .

Plusieurs ensembles flous peuvent être définis sur la même variable, par exemple les ensembles « taille petite », « taille moyenne » et « taille grande », notions explicitées chacune par une fonction d'appartenance figure (II.4) [22].

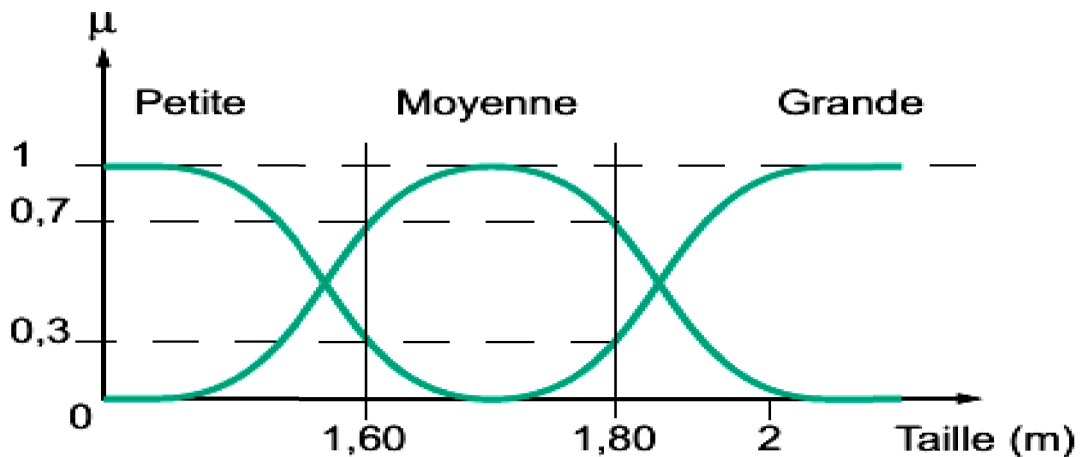


Figure II.4 fonction d'appartenance, variable et terme linguistique .

Cet exemple montre la gradualité que permet d'introduire la logique floue. Une personne de 1,80 m appartient à l'ensemble « taille grande » avec un degré 0,3 et à l'ensemble « taille moyenne » avec un degré de 0,7. En logique classique, le passage de moyen à grand serait brusque. Une personne de 1,80 m serait par exemple de taille moyenne alors qu'une personne de 1,81 m serait grande, ce qui choque l'intuition[22].

La variable (par exemple : taille) ainsi que les termes (par exemple : moyenne, grande) définis par les fonctions d'appartenance portent respectivement les noms de variable linguistique et de termes linguistiques.

Comme cela sera vu plus loin, variables et termes linguistiques peuvent être utilisés directement dans des règles.

Les fonctions d'appartenance peuvent théoriquement prendre n'importe quelle forme.

Toutefois, elles sont souvent définies par des segments de droites, et dites «linéaires par morceaux » figure (II.5) .

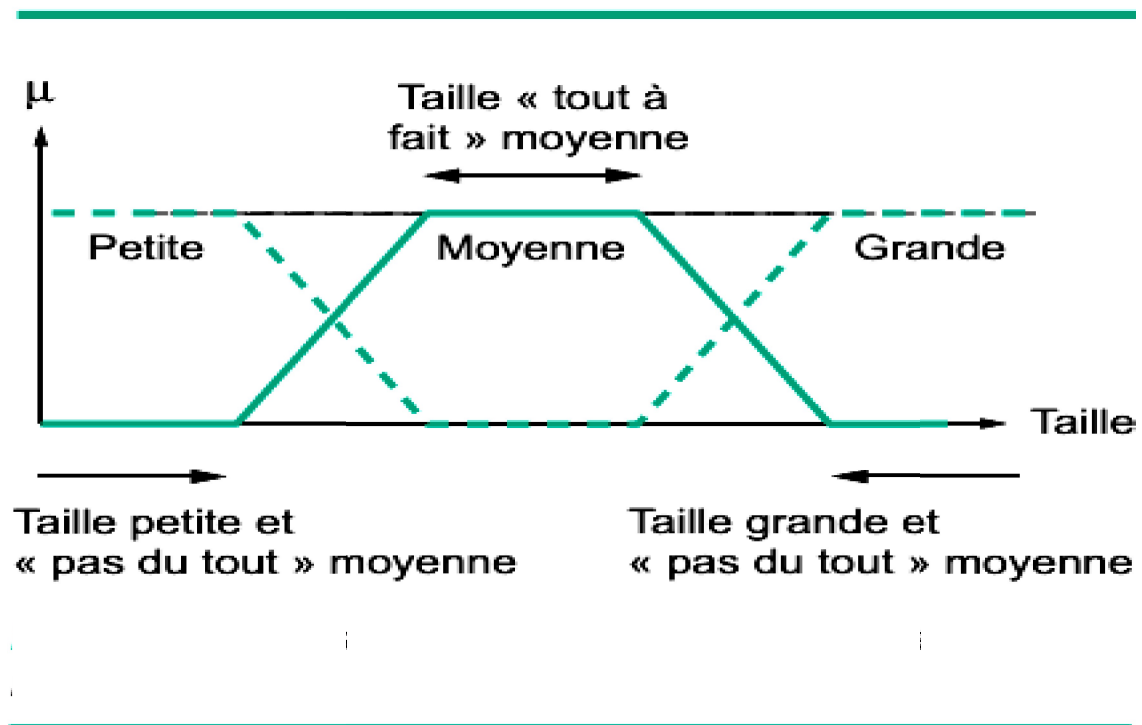


Figure II.5 fonctions d'appartenance linéaires par morceaux.

Les fonctions d'appartenance « linéaires par morceaux » sont très utilisées car [20]:

- elles sont simples .
- elles comportent des points permettant de définir les zones où la notion est vraie, les zones où elle est fausse, ce qui simplifie le recueil d'expertise.

Ce sont des fonctions d'appartenance de ce type qui seront utilisées dans la suite de ce document. Dans certains cas, les fonctions d'appartenance peuvent être égales à 1 pour une seule valeur de la variable et égales à 0 ailleurs, et prennent alors le nom de « fonctions d'appartenance singletons ».

Un singleton flou figure (II.6) défini sur une variable réelle (taille) est la traduction dans le domaine flou d'une valeur particulière (taille d'une personne x) de cette variable [22].

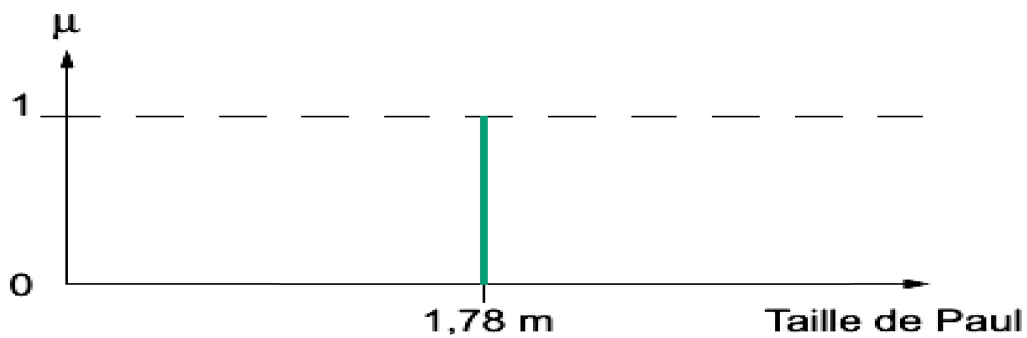


Figure II.6 fonction d'appartenance singleton .

Parmi les fonctions d'appartenance les plus utilisées aussi, on cite : les fonctions triangulaires ; trapézoïdale ; gaussiennes...etc. La figure (II.7) montre l'allure de ces fonctions[23] .

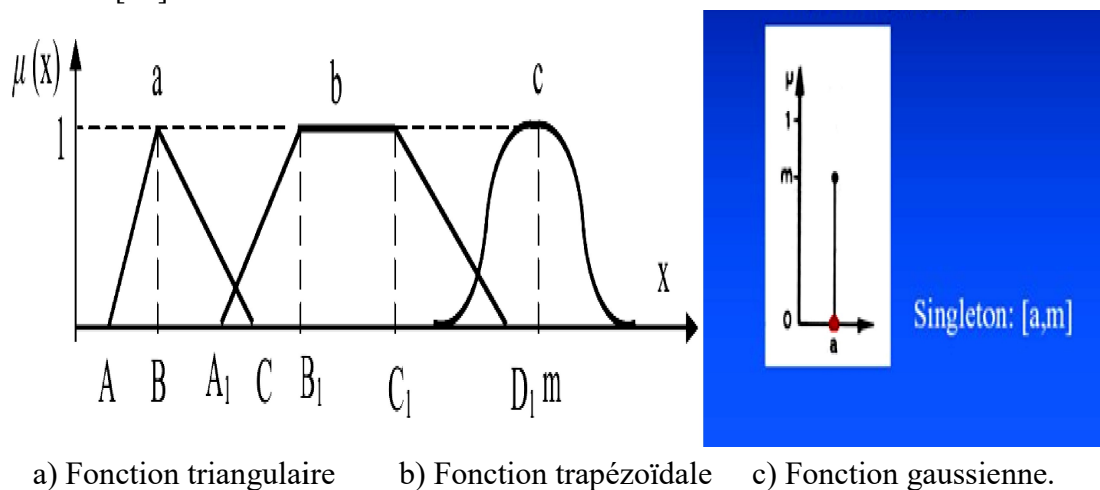


Figure II.7 Exemple de fonctions d'appartenance .

Le degré d'appartenance à chacune formes précédentes, est défini comme suit[24] :

- **Forme triangulaire**

Une fonction d'appartenance triangulaire, telle que illustrée par la figure (II.7), elle est définie par l'expression suivante :

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{x-A}{B-A} & \text{SI } x \in [A, B] \\ \frac{C-x}{C-B} & \text{SI } x \in [B, C] \\ 0 & \text{SI } x \text{ Est Ailleur} \end{cases} \quad (\text{II.1})$$

- **Forme trapézoïdale**

Une fonction d'appartenance trapézoïdale, telle que illustrée par la figure(II.7), elle est définie par l'expression suivante :

$$\mu(x)=\begin{cases} \frac{X-A_1}{B_1-A_1} & \text{SI } X \in [A, B] \\ 1 & \text{SI } X \in [B,C] \\ \frac{X-D}{C-D} & \text{SI } X \in [C,D] \\ 0 & \text{SI } X \text{ Est Ailleur} \end{cases} \quad (\text{II.2})$$

- **Forme gaussienne**

$$\mu(x)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-m}{\sigma}\right)^2} \quad (\text{II.3})$$

- **Forme Singleton**

$$\mu(x)=\begin{cases} m & \text{pour } x = a \\ 0 & \text{pour } x \neq a \end{cases} \quad (\text{II.4})$$

II.4.3 Propriétés des ensembles flous

- **Support**

On appelle « support » d'un ensemble flou A dans X l'ensemble ordinaire de point X dans X tel que $\mu_A(x) > 0$. Il est noté par S(A), et défini par[20] :

$$S(A) = \{x \in X \text{ : } \mu_A(x) > 0\} \quad (\text{II.5})$$

L'ensemble flou dont le support est un ensemble singleton est appelé « Singleton flou» [20].

- **Hauteur**

La « hauteur » d'un ensemble flou A est la plus grande valeur du degré d'appartenance $\mu_A(x)$. Elle est noté par hgt(A) est définie par[20] :

$$\text{hgt}(A) = \max_{x \in X} \mu_A(x) \quad (\text{II.6})$$

Un ensemble flou A est appelé normal si $\text{hgt} = 1$, et sous normal si $\text{hgt}(A) < 1$.

- **Noyau**

Le noyau d'un ensemble flou A , noté $C(A)$ est l'ensemble ordinaire qui contient tous les éléments totalement possibles x dans X de A . il est noté par $C(A)$ et défini comme suit :

$$C(A) = \{x \in X \text{ : } \mu_A(x) = 1\} \quad (\text{II.7})$$

S'il y a un seul point avec un degré d'appartenance égale à 1, alors ce point est appelé la valeur modale de A [20] .

II.4.4 Univers de discours et degré d'appartenance

Pour la variable floue x , on définit un ensemble flou A sur un univers de discours U par une fonction degré d'appartenance μ_A [25]:

$$\mu_A: U \rightarrow [0,1]$$

$$x \rightarrow \mu_A(x)$$

L'univers de discours est l'ensemble des valeurs réelles que peut prendre la variable floue x et $\mu_A(x)$ le degré d'appartenance de l'élément x à l'ensemble flou A .

Plus généralement, le domaine de définition de $\mu_A(x)$ peut être réduit à un sous ensemble de U .

On peut ainsi avoir plusieurs fonctions d'appartenances chacune caractérisant un sous ensemble flou .

C'est par l'association de tous les sous-ensembles de l'univers de discours, que l'on obtient l'ensemble flou de la variable flou x .

En pratique, l'intersection entre deux sous-ensembles consécutifs est non nulle.

Il en résulte un chevauchement des variables qui doit être suffisant pour permettre une description continue des variables mais pas trop important pour limiter l'imprécision.

Il est notamment préférable d'éviter que les fonctions d'appartenance de deux sous-ensembles voisins soient simultanément égales à 1 [25].

II.4.5 Les variables floues (variables linguistiques)

Le concept des variables linguistique joue un rôle important dans le domaine de la logique flou. Une variable linguistique comme son nom le suggère, est une variable définie à base de mots ou des phrases au lieu des nombres.

En effet, la description d'une certaine situation, d'un phénomène ou d'un procédé contient en général des expression floues comme « quelque, beaucoup, souvent, chaud, froid, rapide, lent, grand, petit....etc. »[26].

Ce genre d'expressions forme ce qu'on appelle des variables linguistique de la logique flou[26].

II.4.6 Opérateurs de la logique floue

Supposons que A et B sont deux sous-ensembles flous définis dans un univers du discours U par les fonctions d'appartenance $\mu_A(x)$ et $\mu_B(x)$ [27].

On peut définir des opérations ensemblistes telles l'union, l'intersection et de complémentarité peuvent être appliquées aux ensembles flous. Leur définition n'est pas unique.

Dans la littérature, il existe de nombreuses variantes pour ces opérateurs.

Le tableau suivant donne deux ensembles d'opérateurs pour le complément (NON), l'intersection (ET) et l'union (OU)[27].

Dénomination	Intersection ET : $\mu_{A \cap B}(x)$	Réunion OU : $\mu_{A \cup B}(x)$	Complément NON : $\mu_{\bar{A}}(x)$
Opérateurs de Zadeh	$\min(\mu_A(x), \mu_B(x))$	$\max(\mu_A(x), \mu_B(x))$	$1 - \mu_A(x)$
Probabiliste	$\mu_A(x) \times \mu_B(x)$	$\mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \times \mu_B(x)$	$1 - \mu_A(x)$

Tableau II.1 Exemple d'opérateurs flous.

II.4.7 Règles floues

Une règle floue est une déclaration de la forme suivante :

SI x est A ALORS y est B

Où x et y sont des variables linguistiques, et A et B sont des valeurs linguistiques, déterminées par les ensembles flous sur les ensembles X et Y .

Une valeur linguistique est une variable floue . Par exemple : la tension est haute .

La variable linguistique tension prend la valeur L'linguistique élevée.

La plage de valeurs linguistiques possible d'une règle représente l'univers de cette variable. Un exemple de règle floue est[28] :

SI vitesse est lente ALORS arrêt est court

La variable vitesse peut avoir une plage de valeurs entre 0 et 220km /h .

On peut inclure des sous ensembles flous(très lent, lent, moyenne, rapide, très rapide) pour modifier cette règle .

Chaque sous-ensemble flou représente une valeur linguistique pour la variable .

La logique classique (SI-ALORS) utilise la logique binaire .la logique floue permet d'associer une plage de valeur(un ensemble flou) à des variables linguistiques.

On peut réduire le nombre de règle jusqu'à 90% en utilisant la logique floue[29] .

II.4.7.1 Principes et étape de mise en œuvre d'un mécanisme d'inférence flou

Le mécanisme d'inférence le plus couramment utilisé est celui dit « Mamdani » Une base de règles floues de « Mamdani » comprend donc des règles linguistiques faisant appel à des fonctions d'appartenance pour décrire les concepts utilisés figure (II.8)[29] .

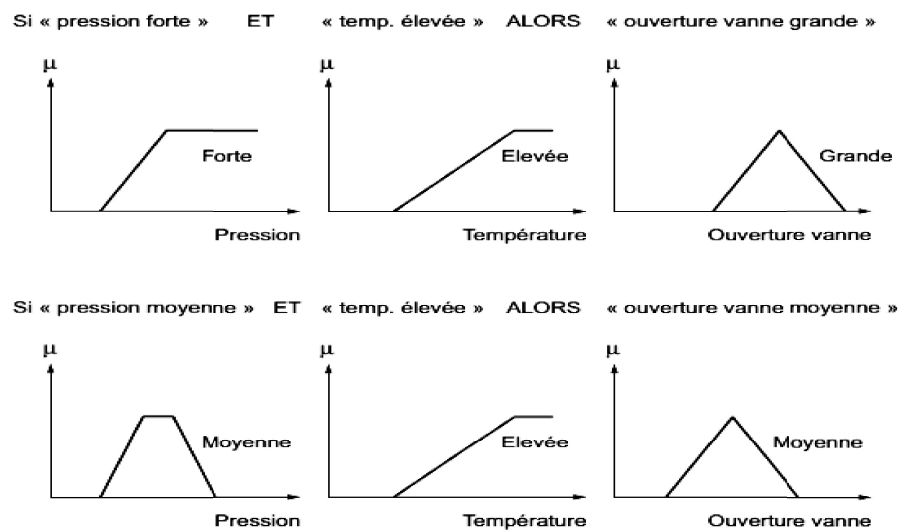


Figure II.8 Principe de mécanisme d'un SIF.

Le mécanisme d'inférence de type Mamdani comprend les étapes suivantes :

II.4.7.1.1 Fuzzification

La fuzzification consiste à évaluer les fonctions d'appartenance utilisées dans les prédicats des règles, comme illustré par la figure(II.9) [20].

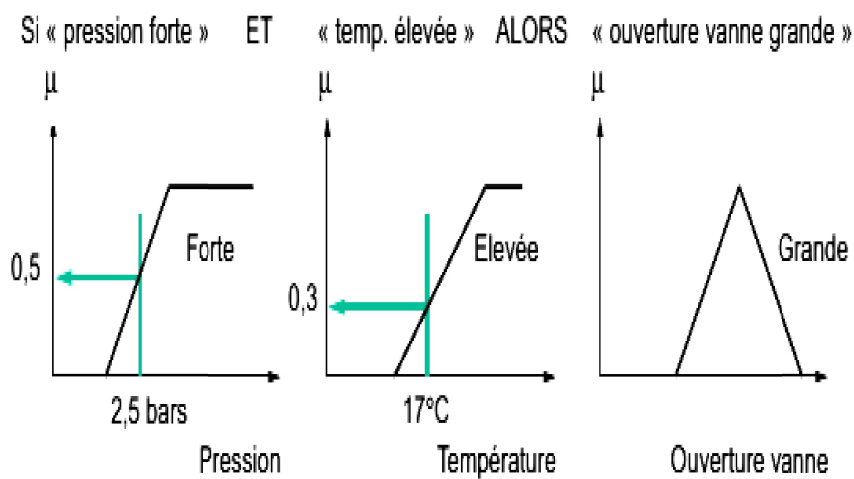


Figure II.9 Fuzzification .

II.4.7.1.2 Degré d'activation

Le degré d'activation d'une règle est l'évaluation du prédicat de chaque règle par combinaison logique des propositions du prédicat, comme illustré par la Figure (II.10). Le « ET » est réalisé en effectuant le minimum entre les degrés de vérité des propositions [20].

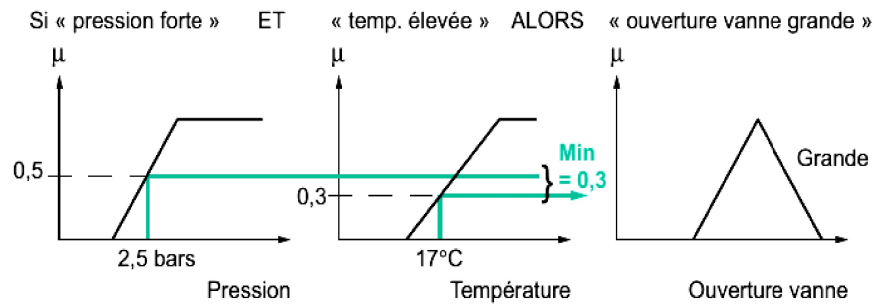


Figure II.10 Activation .

II.4.7.1.3 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 ».

L'ensemble flou de conclusion est construit en réalisant le minimum entre le degré d'activation et la fonction d'appartenance, sorte d'« écrêtage » de la fonction d'appartenance de conclusion Figure(II.11) .

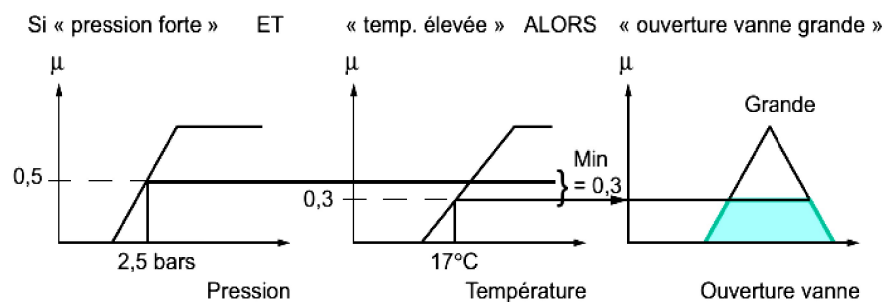


Figure II.11 Implication .

II.4.7.1.4 Agrégation

L'ensemble flou global de sortie est construit par agrégation des ensembles flous obtenus par chacune des règles concernant cette sortie.

L'exemple suivant présente le cas où deux règles agissent sur une sortie.

On considère que les règles sont liées par un « OU » logique, et on calcule donc le maximum entre les fonctions d'appartenance résultantes pour chaque règle figure (II.12)

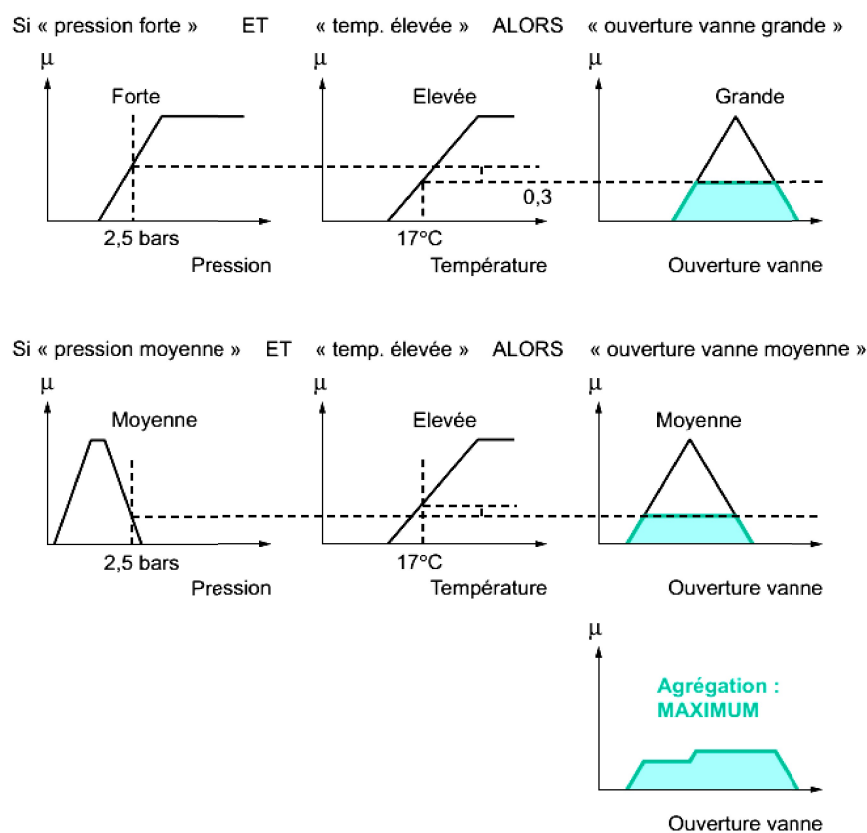


Figure II.12 Agrégation des règles.

II.4.7.1.5 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.

Il est nécessaire de passer du « monde flou » au « monde réel », c'est la défuzzification . Il existe plusieurs méthodes de défuzzification :

centre de gravité de la surface, bissecteur de la surface, moyenne des maximas, plus petit des maximas en valeur absolue.

La plus souvent rencontrée étant la méthode de calcul du « centre de gravité » de l'ensemble flou Figure(II.13) [20] .

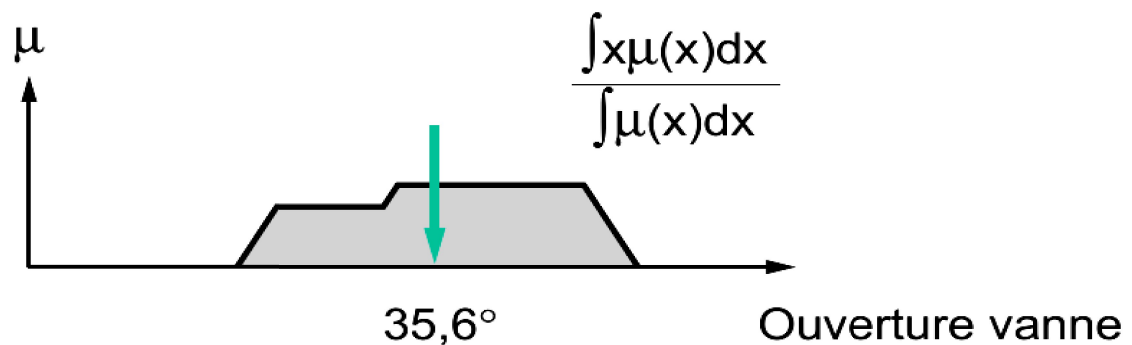


Figure II.13 Défuzzification par centre de gravité .

II.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit quelques notions de bases sur la théorie de la logique floue, les différentes formes des fonctions d'appartenance, les propriétés des ensembles flous, règles floues, et pour démontrer comment les ensembles flous interagissent ensemble ; nous avons cité les principaux opérateurs de la logique floue .D'autre part, et afin de fournir une présentation plus claire, nous avons parlé du mécanisme d'inférence le plus couramment utilisé, qui est celui dit « Mamdani » il représente une simplification du mécanisme plus générale basé sur « l'implication floue ».

Dans le chapitre suivant nous détaillerons l'utilisation de la logique floue pour la prédiction de la pourcentage de pollution d'un isolateur de haute tension, ce qui prouvera l'utilité de cette nouvelle technique d'intelligence artificielle dans le domaine de la haute tension.

Chapitre III : Techniques Expérimentales et Résultats obtenus

III.1 Introduction

Des tests scientifiques peuvent nous aider à déterminer le pourcentage de pollution des isolateurs électriques par des expériences appliquées dans des laboratoires haute tension, dans des conditions spécifiques de température, d'humidité, de tension, de tension électrique, de mobilité, etc. Ce faisant, nous cherchons à surveiller attentivement le comportement de l'isolateur pour construire des lois sur une base solide.

Nous pouvons également utiliser les techniques de l'intelligence artificielle dans l'étude du comportement des isolateurs électriques et prédire la proportion de pollution des isolateurs électriques. Cela se fait grâce à l'utilisation des résultats d'expériences réalistes précis. Dans notre étude actuelle, nous aborderons l'une de ces techniques: la logique floue. L'application de cette technique dans telle étude exige la définition de ces différents paramètres nécessaires pour son implémentation, tel que, les entrées, sorties, moteur d'inférence, ...etc.

L'objectif de ce chapitre est d'arriver à déterminer la table d'inférence, qui est un élément essentiel dans notre étude par logique floue. Les essais pratiques peuvent nous aider à collecter une base de données qui nous permettra de créer cette table d'inférence. Durant ce chapitre on va présenter les tests pratiques réalisés et leurs résultats obtenus et qui sont utilisés dans la création de notre SIF proposé pour la prédiction de la pourcentage de pollution de l'isolateur à étudier. Ces tests sont réalisés au niveau de laboratoire de haute tension de Université d'eloued[30].

Il convient de noter que les tests pratiques présentés dans ce chapitre ont été mis en œuvre dans le laboratoire de haute tension de l'Université d'eloued. Et nous avons utilisé les résultats qu'ils ont obtenus pour créer notre SIF. Système d'inférence flou (SIF). L'objectif sera de prédire le taux de pollution des isolateurs électriques.

III.2 Objet d'essai

L'objet d'essai utilisé dans la partie expérimentale est un isolateur de haute tension utilisé dans le Sahara algérienne de type NJ 120 .

La figure III.1 une chaine qui contient 6 éléments qui seront par la suite polluées par des pollutions a base d'argile.

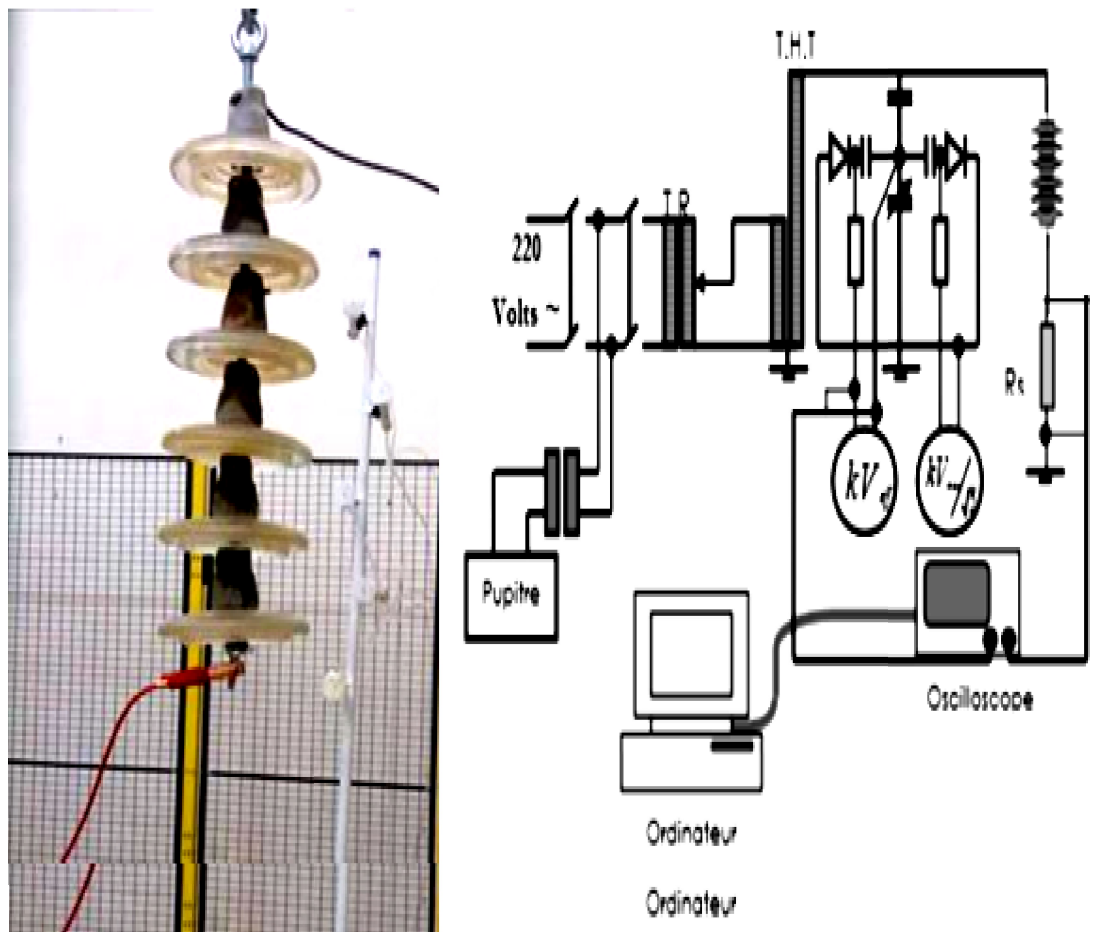


Figure III.1 Circuit d'essai à fréquence industrielle et montage réalisé au laboratoire de haute tension[30].

III.3 Résultats expérimentale

La table des résultats suivante montre le pourcentage de la pollution de la chaine mesurées pour des différentes valeurs du courants de fuite et THD_I du ce courant avec différents niveaux des conductivités (bien sûr cette pollution est artificiellement préparée par une solution a base d'argile) [30].

conductivité (ms/cm ²)	Courant de fuite(mA)	THD _I %	Pourcentage de pollution%
0	0,477	40.167	0
	0,3611	37.182	0
	0,239	34.73	0
	0,123	30.52	0
	0,0607	26.032	0
	0,0261	22.494	0
0.137	0,0732	30.43	16.67
	0,1006	33.73	33.33
	0,126	35.67	50
	0,169	37.364	66.67
	0,294	39.22	83.33
	0,359	41.89	100
0.914	0,153	32.863	16.67
	0,192	35.205	33.33
	0,215	37.176	50
	0,247	39.54	66.67
	0,322	41.85	83.33
	0,422	43.454	100
1.3	0,163	34.09	16.67
	0,2	37.9	33.33
	0,235	39.9	50
	0,287	41.76	66.67
	0,41	43.129	83.33
	0,613	45.8	100
1.5	0,211	37.71	16.67
	0,243	39.424	33.33
	0,295	41.455	50
	0,36	43.21	66.67
	0,449	46.75	83.33
	0,651	48.43	100

Tableau III.1 pourcentage de pollution en fonction des différentes conductivités et valeur du courant de fuite et THD_I de ce courant [30].

III.4 Prédiction de la pourcentage de pollution par logique floue

Dans cette partie de notre étude nous utilisons le SIF (System d'inférence flou) pour la prédiction de la pourcentage de pollution d'un isolateur de haute tension soumis sous différentes contraintes (de conductivité et courant de fuite avec THD_I). il est bien connu que, la logique floue fait intervenir dans la plupart des études l'avis d'un expert dans différents domaines, surtout pour la création de la table d'inférence

qui est l'élément le plus difficile à déterminer dans l'analyse par logique floue. Comme nous n'avons pas réalisé des essais pratiques par nous-mêmes qui peuvent nous donner une idée sur la variation de la pourcentage de pollution de l'isolateur à étudier, cela nous a conduits à utiliser la table de résultats mentionnée précédemment et qui est obtenue par l'étude faite dans la référence [30] comme déjà expliqué .

III.5 Système d'inférence floue (SIF)

Le système d'inférence floue est l'un des applications la plus courante de la logique floue. Il implémente un concept, sous la forme de variables linguistiques, ainsi qu'un raisonnement déductif, à l'aide de règles floues, il est formé de trois blocs comme indiqué sur la figure III.2 le premier, l'étage de fuzzification transforme les valeurs numériques en degrés d'appartenance aux différents ensembles flous de la partition.

Le second bloc est le moteur d'inférence, constitué de l'ensemble des règles. Enfin, un étage de défuzzification permet, si nécessaire, d'inférer une valeur nette, utilisable en commande par exemple, à partir du résultat de l'agrégation des règles.

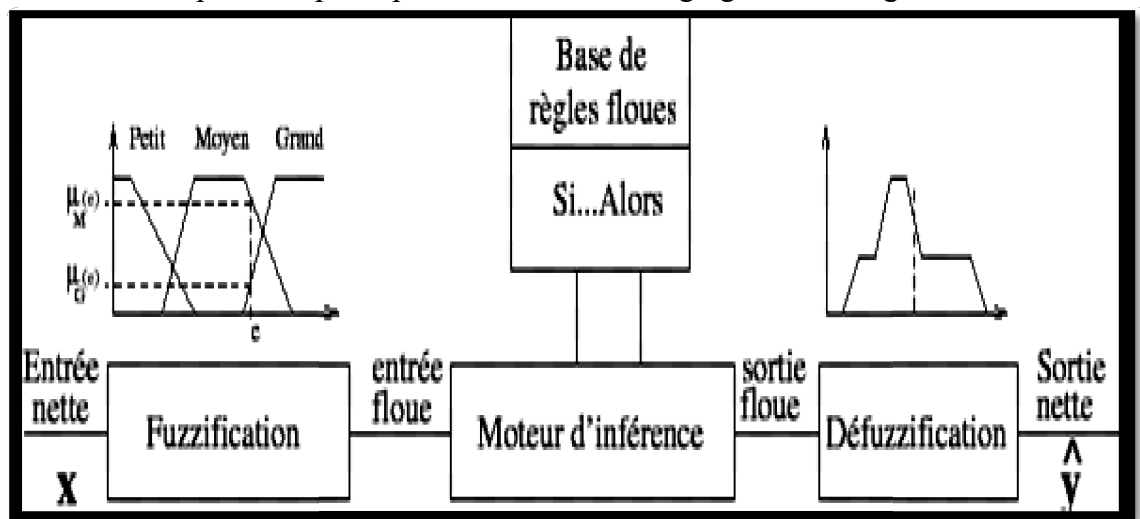


Figure III.2 Système d'inférence flou (SIF)

III.6 System d'inférence flou utilisé

Le SIF utilisé est basé sur l'analyse dite MAMDANI qui est le plus utilisé dans les études de prédiction. La figure suivante montre ces différentes caractéristiques (MIN pour l'opérateur ET, Max pour OU, MAX pour l'agrégation, défuzzification par centre de gravité).

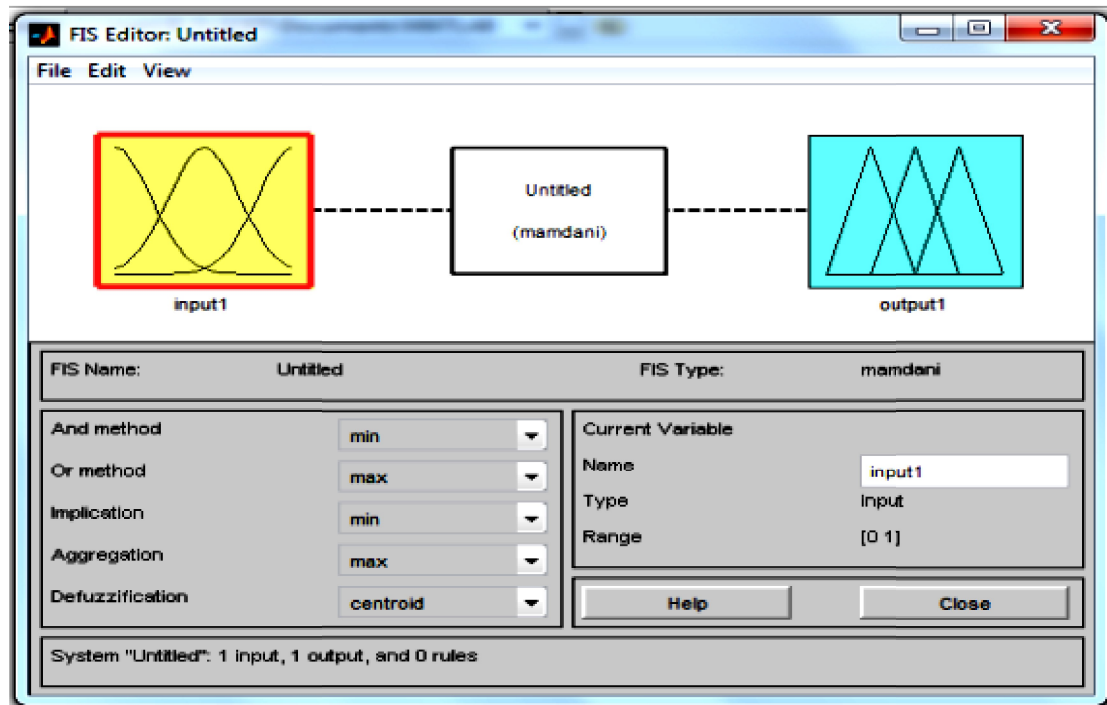


Figure III.3 Fenêtre de l'éditeur du SIF sous MATLAB

III.6.1 Les entrées et la sortie choisies

On a choisi 3 entrées qui sont :

- ✓ La conductivité de pollution
- ✓ Le courant de fuite mesurée
- ✓ Taux de distorsion de courant de fuite

Et on a choisi une seule sortie qui est :

- ✓ Pourcentage de pollution de la chaine des isolateurs électriques

A noter que ce choix a été effectué selon nos analyses de la table des résultats de Tableau (III.1), D'autres analyses peuvent considérer d'autres entrées et sorties.

La figure suivante montre la création des entrées et de la sortie en utilisant SIF sous MATLAB.

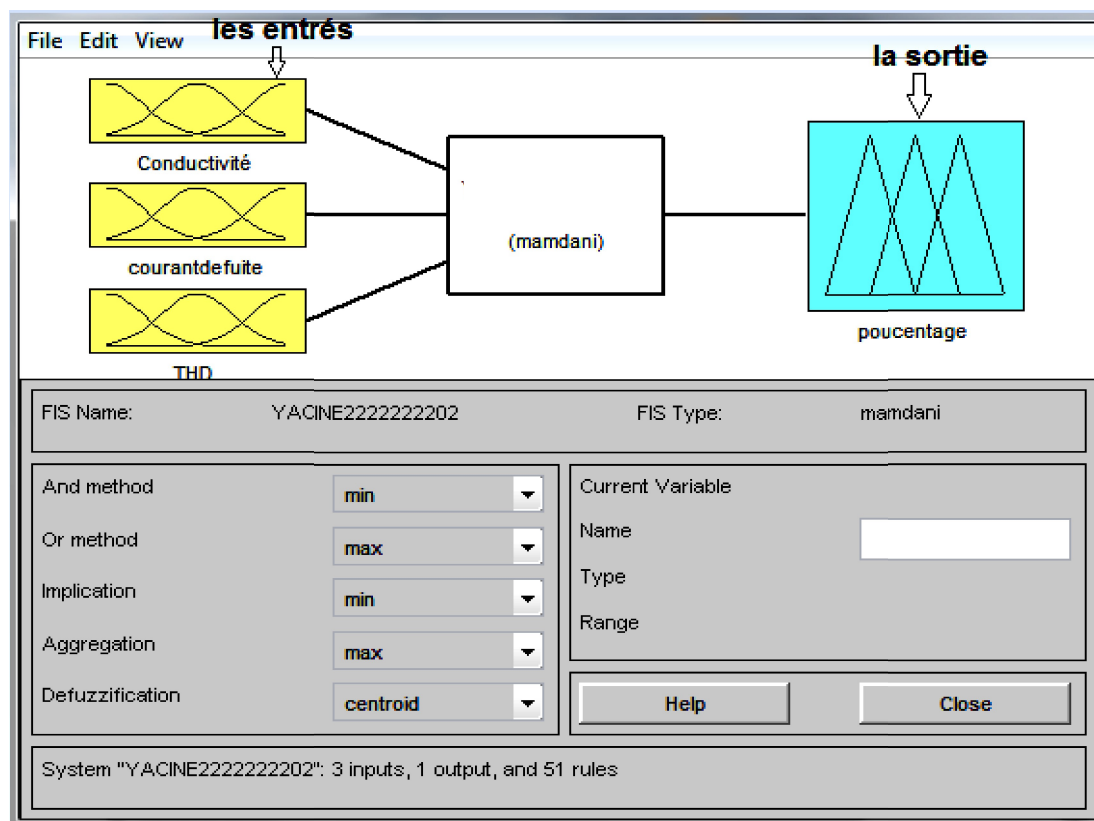


Figure III.4 Entrées et sortie du SIF proposés.

III.6.2 Les fonctions d'appartenance

Les fonctions d'appartenances qu'on a choisi sont montrées dans les figures(III.4).

A noter qu'il est important de rappeler que le choix du type de la fonction d'appartenance est basé sur nos analyses et, nous rappelons toujours que d'autres analyses peuvent conduire à d'autres formes des fonctions.

Avant l'introduction des types de fonctions d'appartenances qu'on a choisies, les intervalles et variables floues ainsi que l'univers de discours doivent être choisi dès le début. La table (III.2) donne le nombre des fonctions choisi pour les entrées et la sortie, nombre d'intervalles floues choisies pour les entrées et la sortie, variables d'entrées et sortie ainsi que le type de la fonction d'appartenance choisie.

L'univers de discours, ainsi que les intervalles flous de chaque variable sont montrés dans les figures (III.4) qui donnent les formes des fonctions d'appartenance de chaque variable.

On note ici qu'il n'y a pas de règles à suivre pour bien choisir le nombre de variable ou nombre d'intervalles ou même la forme de la fonction d'appartenance. Seuls les résultats obtenus pour chaque choix qui peuvent juger la fiabilité d'un choix.

Les entrées La sortie Dans ce qui suit nous représentons les paramètres du SIF qui ont donnés des bons résultats de prédiction de la pourcentage de pollution de l'isolateur qu'on a choisi pour cette étude.

Les entrés	Nombre d'intervalles	Nombre de fonctions	Type de foncions
Conductivité de pollutions	5	5	Trapézoïdale et triangulaire
Courant de fuite (CF)	4	4	Trapézoïdale et triangulaire
THD de CF	3	3	Trapézoïdale et triangulaire

Tableau III.2 Nombre d'intervalles flous, nombre et types de fonctions d'appartenances des entrées.

La sortie	Nombre d'intervalles	Nombre de fonctions	Type de foncions
Pourcentage de pollution du chaine d'isolateurs	7	7	Trapézoïdale et triangulaire

Tableau III.3 Nombre d'intervalles flous, nombre et types de fonctions d'appartenances de la sortie.

a. Fonctions d'appartenances des entrées

a.1 Conductivité

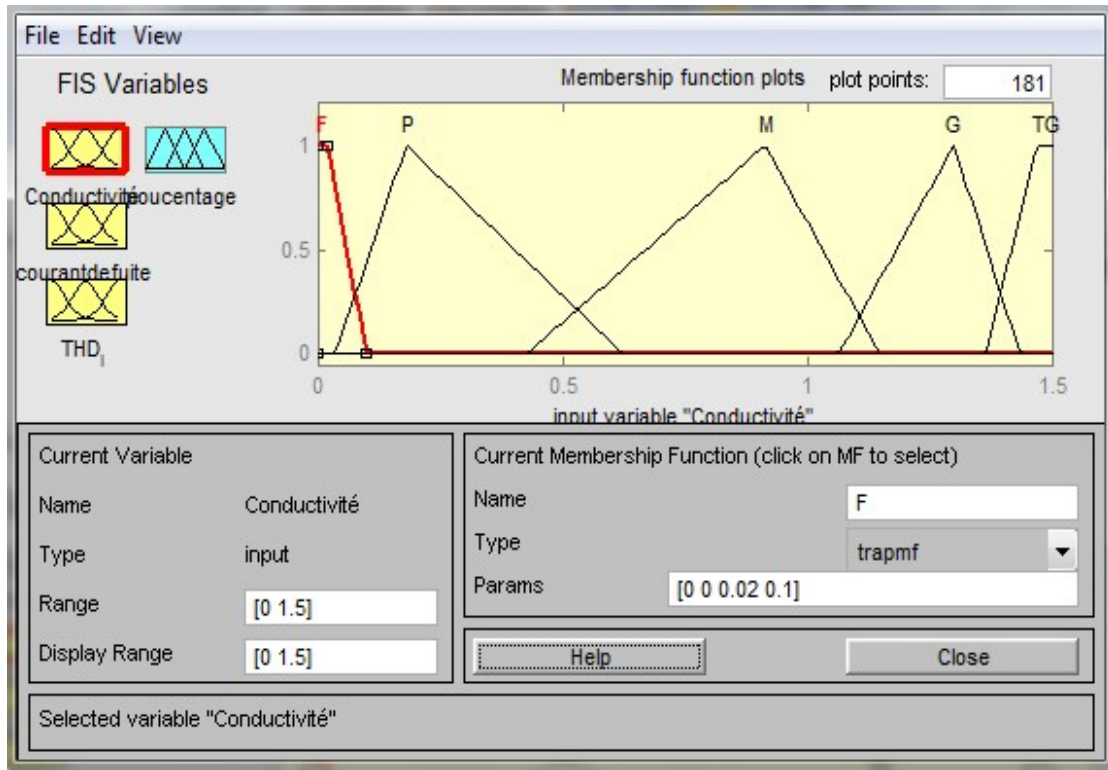


Figure III.5 Fonction d'appartenance de la conductivité de pollution.

a.2 courant de fuite

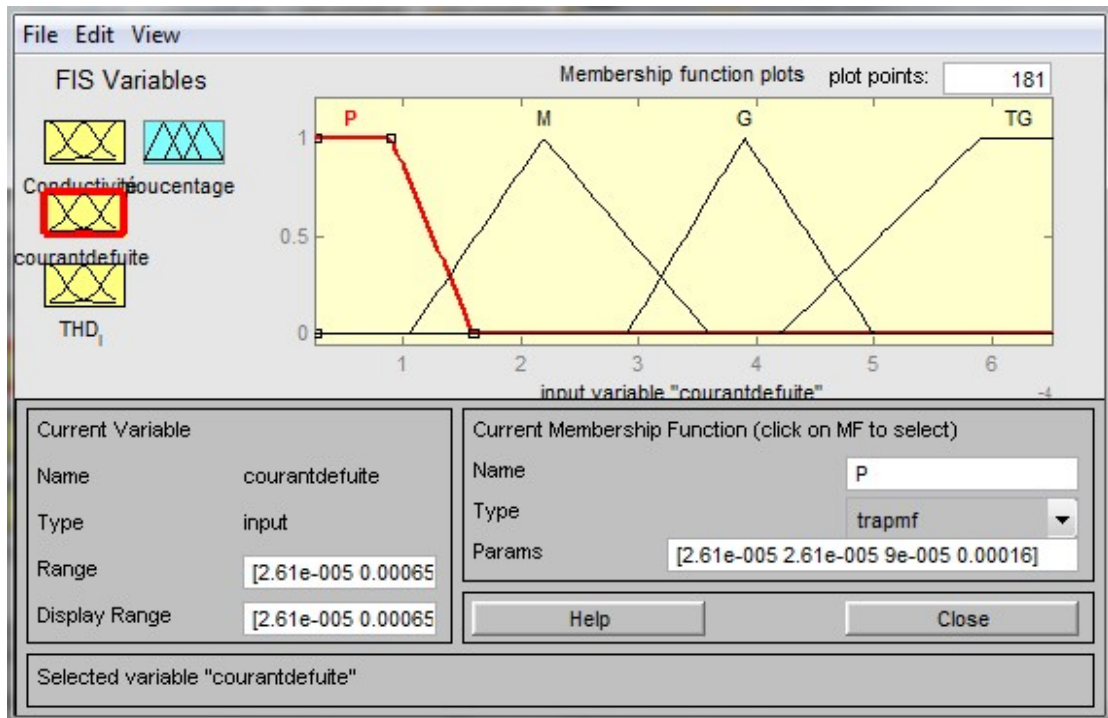


Figure III.6 Fonction d'appartenance de le courant de fuite.

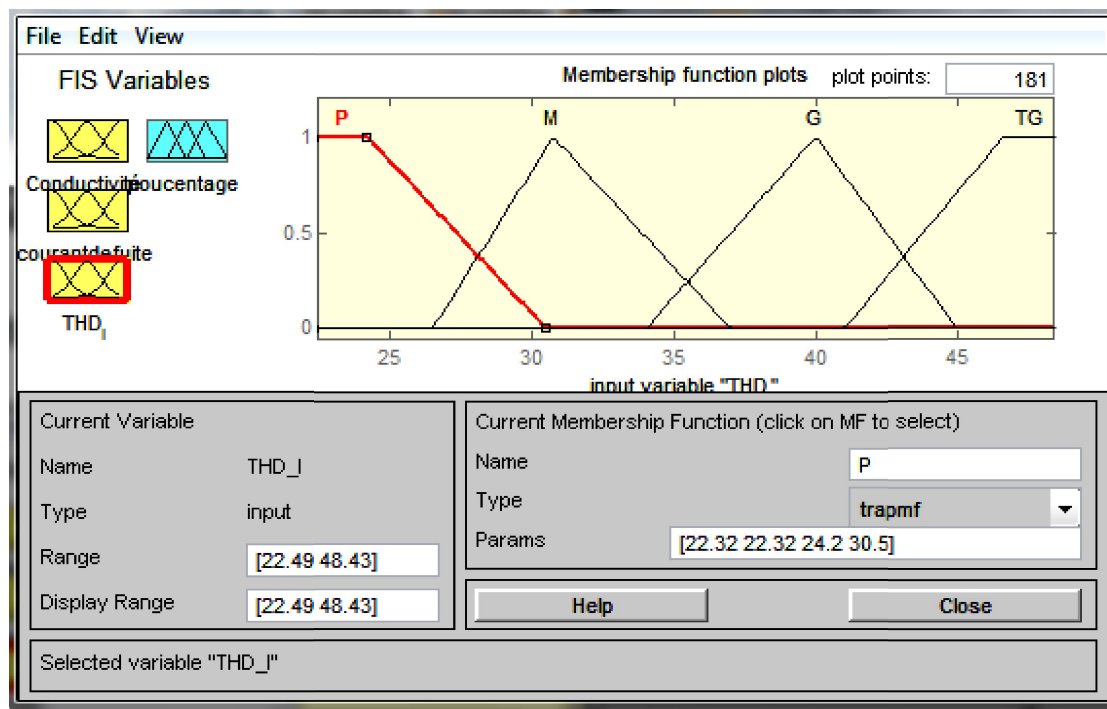
a.3 Taux de distorsion de courant (THD_I)

Figure III.7 Fonction d'appartenance du Taux de distorsion de courant de fuite.

b. Fonctions d'appartenances de la sortie

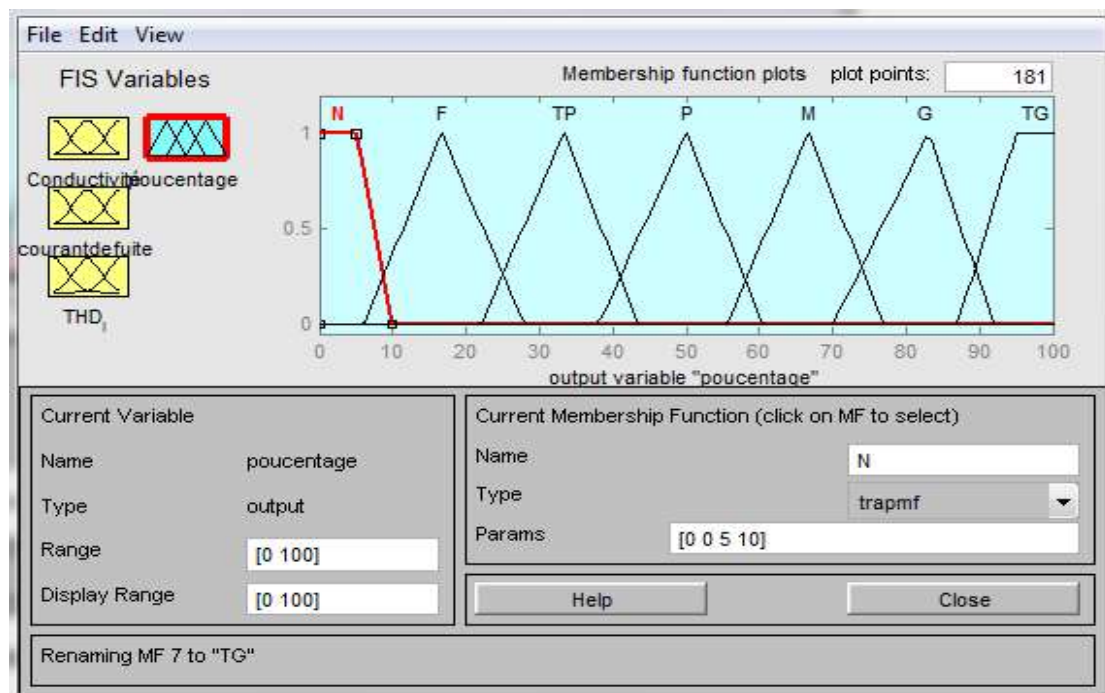


Figure III.8 Fonction d'appartenance de le Pourcentage de pollution des isolateurs.

III.7.1 Table d'inférence

La table d'inférence (tableau III.4) contient l'ensemble des règles floues qui relie les entrées à la sortie qu'on a proposé pour notre SIF utilisé pour la prédiction de la pourcentage de pollution dans l'isolateurs électriques étudié.

Les variables linguistiques utilisés dans la table précédente sont :

Variables d'entrées :

- F : Faible
- P : Petit
- M : Moyenne
- G : Grand
- TG : Très Grand

Variables de sortie :

- N : propre
- F : Faible pollution
- TP : Très Petit pollution
- P : Petit pollution
- M : Moyenne pollution
- G : Grand pollution
- TG : Très Grand pollution

Les intervalles flous de chaque variable sont montrés dans les figures des fonctions d'appartenances de chaque variable données précédemment (figures III.5-III.8).

Les entrées			La sortie
F	P	P	N
		M	
	M	M	
		G	
	TG	G	
P	P	M	F
			TP
	M	G	P
		M	
		G	M
			G
		TG	TG
	G	G	G
		TG	TG
M	P	M	F
	M	M	TP
			P
		G	M
	G		G
		TG	
		G	
	TG	TG	
G	M	M	F
		G	TP
			P
		TG	M
	G	G	G
		TG	
	TG	TG	TG
TG	M	G	F
			TP
	G	TG	P
		G	M
		TG	
	TG	TG	TG

Tableau III.4 L'ensemble des règles floue .

III.7.2 Résultats obtenus par logique floue

Après l'exécution de notre SIF en utilisant l'interface graphique "logique floue Outils "sous MATLAB, nous avons prédit la proportion de pollution des isolants électriques, pour différentes valeurs de conductivité et le courant de fuite et le Taux de distorsion de courant (THD_I).

Dans la figure (III.9), on a montré un exemple d'application de notre SIF pour les entrées suivantes : La conductivité = 0.137 ms/cm , courant de fuite = 0.0001006 A le THD_I = 33.73 % , La valeur de la sortie calculée après défuzzification présente le Pourcentage de pollution des isolateurs électriques , cette valeur (33.3 %) appartient à l'intervalle flou [22 43.5] , C'est à dire, il est présent dans la très petite zone de pollution d'isolateur.

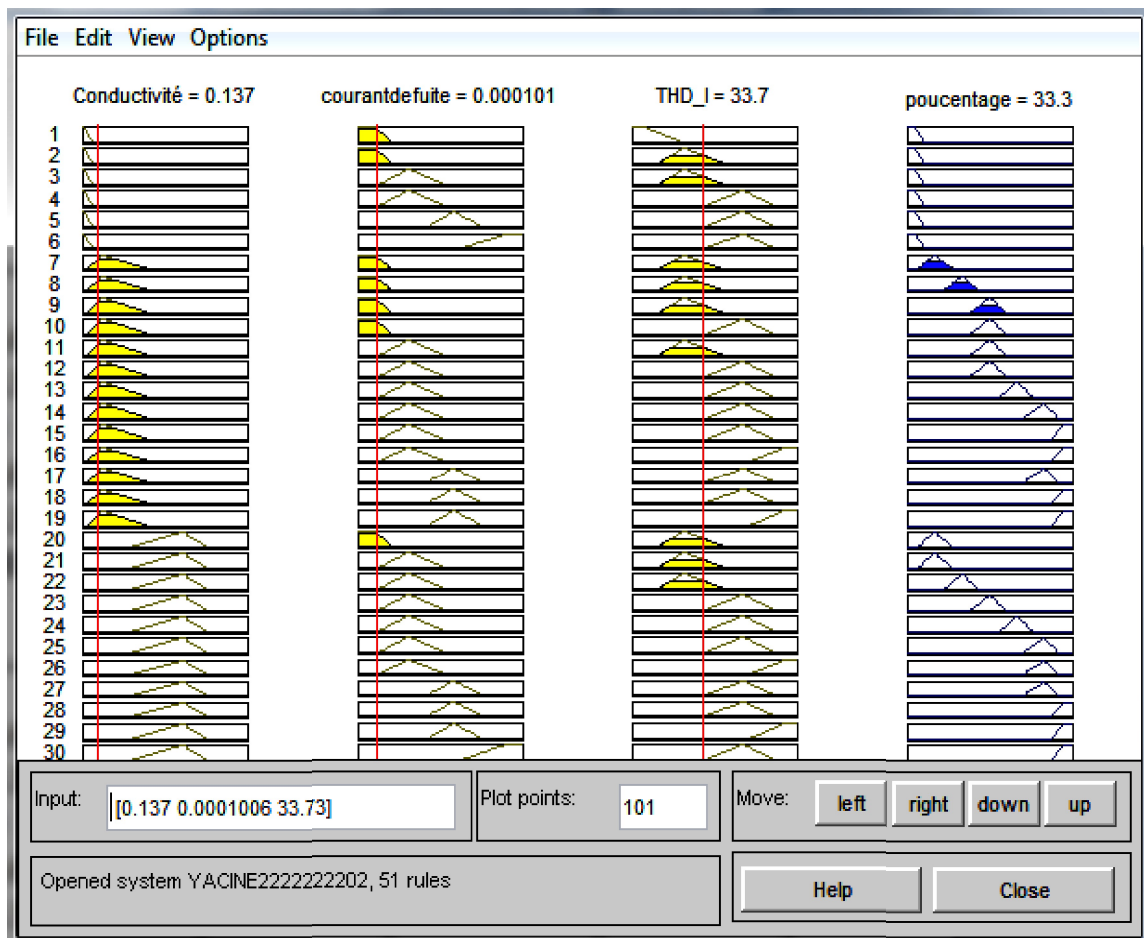


Figure III.9 Editeur des règles floues

Le tableau (III.5) présente les résultats de la simulation (prédiction) du pourcentage de pollution de chaîne étudié obtenu par la logique floue et les résultats obtenus d'une expérience scientifique au sein du laboratoire haute tension.

D'après le tableau suivant, nous observons que les résultats du programme de simulation et les résultats de laboratoire sont similaires. Nous avons trouvé que le taux d'erreur est de 0%. Ce qui nous permet de juger de la validité du mystérieux système à travers ces résultats.

De ce fait, il est facile de connaître le pourcentage de pollution des chaînes d'isolateurs en utilisant la logique floue, ce qui nous motive également à utiliser cette méthode dans de nombreuses autres expériences scientifiques.

conductivité (ms/cm ²)	Courant de fuite(mA)	THD _I %	tests		Evaluation
			pratique	simulation	
0	0,477	40.167	propre	propre	✓
	0,3611	37.182	propre	propre	✓
	0,239	34.73	propre	propre	✓
	0,123	30.52	propre	propre	✓
	0,0607	26.032	propre	propre	✓
	0,0261	22.494	propre	propre	✓
0.137	0,0732	30.43	Faible	Faible	✓
	0,1006	33.73	Très Petite	Très Petite	✓
	0,126	35.67	Petite	Petite	✓
	0,169	37.364	Moyenne	Moyenne	✓
	0,294	39.22	Grande	Grande	✓
	0,359	41.89	Très Grande	Très Grande	✓
0.914	0,153	32.863	Faible	Faible	✓
	0,192	35.205	Très Petite	Très Petite	✓
	0,215	37.176	Petite	Petite	✓
	0,247	39.54	Moyenne	Moyenne	✓
	0,322	41.85	Grande	Grande	✓
	0,422	43.454	Très Grande	Très Grande	✓
1.3	0,163	34.09	Faible	Faible	✓
	0,2	37.9	Très Petite	Très Petite	✓
	0,235	39.9	Petite	Petite	✓
	0,287	41.76	Moyenne	Moyenne	✓
	0,41	43.129	Grande	Grande	✓
	0,613	45.8	Très Grande	Très Grande	✓
1.5	0,211	37.71	Faible	Faible	✓
	0,243	39.424	Très Petite	Très Petite	✓
	0,295	41.455	Petite	Petite	✓
	0,36	43.21	Moyenne	Moyenne	✓
	0,449	46.75	Grande	Grande	✓
	0,651	48.43	Très Grande	Très Grande	✓

Tableau III.5 Résultats des tests réalisés au laboratoire en utilisant le SIF

Conclusion

Dans ce chapitre nous pouvons conclure d'après les résultats obtenus que l'utilisation de la logique floue peut permettre de prédire le pourcentage de la pollution de la chaîne, ce qui est cohérent avec les résultats obtenus dans le laboratoire de haute tension.

Grâce à la logique floue, l'effort dans les laboratoires de haute tension et les laboratoires scientifiques peut être réduit en général.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce travail nous a permis de prédire le pourcentage de la pollution de la chaîne d'isolateurs de haute tension (HT) de type NJ120 utilisé dans le sud algérien et de mieux comprendre les conséquences de la pollution d'un isolateur de HT utilisé dans les lignes aériennes de transport de l'énergie électrique et d'analyser des différents paramètres pouvant influencer le pourcentage de la pollution de la chaîne .

Notre travail se concentre sur un type de pollution, C'est la pollution de l'argile, sous l'influence des trois variables à savoir la conductivité de la pollution , le courant de fuite et le Taux de distorsion de courant de fuite .

La prédiction de pourcentage de pollution de chaîne d'isolateurs de HT peut aider à améliorer les conditions de transport de l'énergie électrique par ligne aériennes (éviter les pertes de l'énergie, ...etc.).

La logique floue connue comme une nouvelle technique d'intelligence artificielle, nous a permis de proposer un algorithme de prédiction basé sur cette technique et implémenté sous MATLAB en utilisant l'un de ces utilitaires qui est "Fuzzy logic toolbox", L'utilisation du système d'inférence floue (SIF) créé avec ce même utilitaire en vue de prédire des pourcentage de pollution de chaîne d'isolateurs du type NJ120 artificiellement pollué nous a donné des résultats plus proches de ceux obtenus par des essais pratiques donnée par la référence [30] avec une grande précision.

La logique floue a montré comme l'une des techniques de l'intelligence artificielle une grande aptitude et efficacité dans la prédiction de pourcentage de pollution de chaîne d'isolateurs de haute tension étudiée durant notre travail.

Nous avons vu que la conception d'un système flou nécessite un nombre important des essais pratiques, surtout dans la définition des fonctions d'appartenance et la matrice des décisions (table d'inférence).

Cela rend l'expérimentation pratique en considérant les différents paramètres et conditions électriques et mécaniques qui peuvent influencer le comportement des isolateurs de haute tension a une importance inévitable et elle reste la seule suggestion dans notre travail, que ce soit dans la création du SIF ou pour sa

Conclusion générale

validation pour rendre le concept de prédiction basé sur LF proposé plus sûr et efficace dans telle étude.

En effet, les essais pratiques sont non seulement très coûteux mais aussi très difficile à réaliser. La méthode de logique floue (SIF) qu'on a proposée pour la prédiction de pourcentage de pollution de chaine d'isolateurs étudié peut permettre de diminuer le travail expérimental en gagnant du temps considérable et en minimisant le coût des essais pratiques surtout lorsque on se réfère aux connaissances des experts dans le domaine de haute tension en particulier dans l'étude des isolateurs de différents types.

Bibliographique

Bibliographique

Bibliographique

Bibliographique

- [1]. TLIDJANE Aissa, MEKHALFIA Riadh et KEBAILI Hamza « Etude Du Phénomène De Contournement Des Isolateurs Pollues Sous Tension Continue » La these D'ingénieur EUR D'état En Génie Electrique Université De M'sila 2009/2010.
- [2]. S. Tounsi, F. Chikh "Influence du Sol sur le Comportement d'un Modèle d'Isolateur sous Tension" Mémoire du projet de fin d'études laboratoire de haute tension, école nationale polytechnique d'Alger. Juin 2008 de magister en génie électrique, laboratoire de haute tension, école nationale polytechnique d'Alger 2007.
- [3]. G. RIQUEL, E. SPAN GENBERG, «De la céramique au synthétique », EDF Epure, N° 58, Avril 1998.
- [4] Y. PORCHERON, « Lignes aériennes : Matériels entrant dans la constitution d'une ligne aérienne », Technique de l'ingénieur D4425.
- [5] G. Talal, «Comportement d'un modèle d'isolateur sous tension impulsionnelle», mémoire
- [6] A. Bouarouri R. Ladjal "Comportement et Caractérisation Electriques d'un Modèle R. 2 d'Isolateur sous Tension Alternative" Mémoire du projet de fin d'études laboratoire de haute tension, école nationale polytechnique d'Alger. Juin 2006
- [7]. Sayah Moatez Béllah «Prédiction du contournement d'une Chaine d'isolateur MT 175 CTV-Sonelgaz Polluée Artificiellement par la Logique Floue », mémoire de master, Université Mohamed Khider Biskra, 2014.
- [8]. W. Heise , G.F , luxa , G.Revrery , M. P. Verma, " Estimation de la méthode d'essais sous pollution artificielle par couche solide " CIGRE , rapport 33-09 1972.
- [9]. CIGRE, groupe de travail du comité d'étude, N°33, « Mesure de la sévérité de pollution des sites et application au dimensionnement des isolateurs pour les réseaux à courant alternatif », ELECTRA, N° 64, mai 1979.

Bibliographique

- [10] F. Taleb, A. Bouleghlem, «Comportement de l'Isolateur capot et tige 1512l Artificiellement Pollué sous Tension Alternative 50 Hz » Mémoire d'Ingénieur d'Etat, ENP, Alger, 2010.
- [11]. Meraghni Tahar, Guia Issam, « effet de la pollution désertique sur l'isolateur de haute tension », mémoire de master, 2015.
- [12].C. H. A. ELY, P. J. LAMBETH, J. S. T. LOOMS et D. A. SWIFT, C.E.G.B « Contournement des polymères humides et pollués l'ailette BOOSTER », CIGRE, Rapport 15 - 02, Paris, France, 1978.
- [13]. A. Cimador, S. Vitet, " La Pollution des Isolateurs" , EDF-Epure, No . 27, Juillet 1990.
- [14].N. Khairoun, E. Abderrahmane, D. Zellouta "Essais sur isolateurs pollues et modélisation" Mémoire du projet de fin d'études laboratoire de haute tension, école nationale polytechnique d'Alger. Juin 2007/2008
- [15]A. Mekhaldi, « Etude des phénomènes de conduction et de décharges électriques sur des surfaces isolantes polluées sous tension alternative 50 Hz », Thèses de Doctorat, ENP, Département de Génie Electrique, Laboratoire de haute tension, Septembre1999
- [16]. Z. Sahli, " Etude de la Non Uniformité de la Pollution sur les Caractéristiques de Contournement des isolateurs Réels sous Tension Continue", Thèse de Magister, Département d'électrotechnique, Université Abderrahmane Mira de Bédjaia.
- [17]. F. Chevie, F. Guely, Titres Cahier Technique Schneider n°191.
- [18]. J. Godjevac, "Idées nettes sur la logique floue", Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 19
- [19]. M. Diab, "Contrôle flou des processus biotechnologiques a base d'algorithmes génétiques", Thèse de Doctorat En Sciences, option Electronique, Université Ferhat Abbas, Sétif, 2010.

Bibliographique

- [20]. H. E. Bouzid, S. Benmeriem, "Application de la technique de la logique floue pour la prédiction de l'amorçage des intervalles d'air pointes-plans", mémoire de master en matériaux électrotechnique, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2013.
- [21]. B. B. Meunier, C. Marsala, "Logique floue : principes, aide à la décision", Hermès, 2003.
- [22]. A. Chikhi, "Conception d'une commande floue directe du couple (FDTC) de la machine synchrone basée sur la SVM", Thèse de doctorat, Université de Batna, 2013.
- [23]. A.M. Ibrahim, "Fuzzy logic for embedded systems applications", Newnes Edition, United States of America, 2004.
- [24]. M.N. Cirstea, A. Dinu, J.G. Khor, M. McCormick, "Neural and fuzzy logic control of drives and power systems", Newnes Edition, 2002.
- [25]. T. Claude, "Elaboration d'un logiciel d'enseignement et d'application de la logique floue dans un contexte d'automate programmable", Mémoire pour obtention de maîtrise en génie de production et automate-université de Quebec, 2009.
- [26]. D. Diankov, H. Hellendoorn, M. Reinfrank, "An introduction to fuzzy control", Edition Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1993.
- [27]. B. B. Meunier, C. Marsala, "Logique floue : principes, aide à la décision", Hermès, 2003.
- [28]. B. B. Meunier, "La logique floue, Que Sais-Je ? ", Presses Universitaires de France, Paris, 1993, 2ème édition en 1994, 3ème édition en 1999, 4ème édition (14ème mille) en 2007, ISBN 978-13-056260-3.
- [29]. S. Guillaume, B. Charnomordic, "Systèmes d'inférence floue : collaboration expertise et données dans un environnement de modélisation intégrée à l'aide de FisPro", Revue d'intelligence artificielle, N° 1/2013, pp 1-26.

Bibliographique

[30]. Beddi Ahmed ,Chekima Elbachir " Etude Temporelle Et Fréquentielle Du Courant De Fuite D'un Isolateur De Haute Tension " , mémoire master 2017.