

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté des Sciences Appliquées
Département de Génie Electrique



Mémoire
MASTER ACADEMIQUE
Domaine : Sciences et technologies
Filière : Electrotechnique
Spécialité : Réseaux électriques
Présenté par :
BOUBEKEUR MOHAMMED LAID
SADAoui EL HADJ LARBI
Thème:

**DETERMINATION DES CONSTANTES DE L'ARC
ADAPTEES AU CONTOURNEMENT D'UN ISOLATEUR
HT PAR UN ALGORITHME GENETIQUE**

Soumis au jury composé de :

M ^r Sadaoui Fares	MCA	Président	UKM Ouargla
M ^r Riad Lakhdar KHERFANE	MCB	Encadreur/rapporteur	UKM Ouargla
M ^{lle} Belekbir Amel	MAA	Examineur	UKM Ouargla

Année universitaire 2020/2021

Dédicace

A ma très chère mère, qui représente pour moi l'exemple du

Sacrifice, du dévouement et de l'honnêteté.

A mon père, symbole de patience et de courage

A mon oncle adorable que j'aime beaucoup.

A toute la Famille

A mon frère et mes sœurs

A toute ma famille de BOUBEKEUR et SADAOUI

A mes chers Amis YOUCE , ABELMOUMEN et MOUNDIR

A Tous mes Amis, chez lesquels j'ai trouvé réconfort

Et soutien dans les moments les plus pénibles

Que je dédie ce travail

Et à toi aussi OUI !! TOI !

B.MOHAMMED LAID

S.ELHADJ LARBI

Remerciement

Avant tout, nous remercions Dieu (Allah), de nous avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, le tout puissant, de nous avoir donné le courage, la patience et la chance d'étudier et de suivre le chemin de la science.

Nos sincères remerciements et nos profondes gratitude s'adressent à notre encadreur Mr Riad Lakhdar KHERFANE, enseignant au département de Génie électrique, Faculté des Sciences et appliquées, Université KASDI Mer bah Ouargla, pour avoir accepté de diriger ce travail, pour sa patience, encouragements, orientations et ses conseils précieux.

Nous tenons également à remercier, Président Mr Sadaoui farés Examineur enseignant au département de Génie électrique de nous avoir fait l'honneur de faire partie du jury de ce travail, qu'il trouve nos vifs remerciements

Nous tenons également à exprimer nos vifs remerciements

- A tout le corps enseignant de l'Université KASDI MERBAH,
- A Tous les amis et les étudiants, en particulier les amis de notre promotion.

Enfin, nous sommes reconnaissants envers tous les membres de nos familles BOUBEKEUR et SADAOUI qui nous ont soutenu tout au long de ces études, Ainsi que tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail, qu'ils soient assurés de notre profonde gratitude.

Table des matières

Liste des figures	i
Liste des tableaux	ii
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I LE PHENOMENE DU CONTOURNEMENT DES ISOLATEURS POLLUES	3
I.1 INTRODUCTION	3
I.2 DECHARGE ELECTRIQUE DANS LES GAZ	3
I.2.1 <i>Definition ;</i>	3
I.2.2 <i>Les types de décharges électriques ;</i>	4
I.2.3 <i>Les mécanismes du claquage</i>	4
I.2.3.1 <i>Avalanche électronique (décharge Townsend)</i>	5
I.2.3.2 <i>Le mécanisme de streamer</i>	6
I.3 CONTOURNEMENT:	8
I.3.1 <i>Tension de contournement:</i>	9
I.3.2 <i>Tension de tenue:</i>	9
I.3.3 <i>Courant de fuite:</i>	9
I.3.4 <i>Courant de fuite critique</i>	9
I.3.5 <i>Longueur critique d'arc:</i>	9
I.4 TYPES D'ISOLATEURS:	10
I.4.1 <i>Isolateurs supports ;</i>	10
I.4.2 <i>Isolateurs de traversées ;</i>	10
I.4.3 <i>Isolateurs de type rigide:</i>	10
I.4.4 <i>Chaîne d'isolateurs</i>	11
I.4.5 <i>Isolateur long fut ;</i>	11
I.4.6 <i>Isolateur capot et tige ;</i>	12
I.5 DIFFERENTS PROFILS DES ISOLATEURS A CAPOT ET TIGE :	13
I.5.1 <i>Profil standard ;</i>	13
I.5.2 <i>Profil brouillard ;</i>	14
I.5.3 <i>Profil ouvert ;</i>	14
I.5.4 <i>Profil sphérique ;</i>	15
I.6 LE MECANISME DE CONTOURNEMENT DES ISOLATEURS POLLUES	15
I.7 SOURCES DE POLLUTION:	16
I.7.1 <i>Pollution naturelle:</i>	16
I.7.1.1 <i>Pollution marine</i>	17
I.7.1.2 <i>Pollution désertique</i>	17
I.7.2 <i>Pollution industrielle:</i>	17
I.7.3 <i>Pollution mixte:</i>	17

I.8	CONSEQUENCES DE LA POLLUTION	17
I.8.1	<i>Arc non localisé</i>	18
I.8.2	<i>Arc fixe</i>	18
I.9	CONCLUSION :.....	18
CHAPITRE II ALGORITHMES GENETIQUE		19
II.1	INTRODUCTION	19
II.2	ALGORITHMES EVOLUTIONNAIRES.....	19
II.3	ALGORITHMES GENETIQUE	20
II.3.1	<i>Théorie des algorithmes génétiques AG</i>	21
II.3.2	<i>Principe de fonctionnement des algorithmes génétiques AG</i>	21
II.3.3	<i>Les caractéristiques des algorithmes génétiques 1</i>	22
II.3.3.1	Codage	23
II.3.4	<i>Opérateurs génétiques</i>	24
II.3.4.1	Opérateur de sélection.....	24
II.3.4.2	Opérateur de croisement ou Crossover	27
II.3.4.3	Opérateur de mutation.....	29
II.3.4.4	Opérateur de remplacement	29
II.3.5	<i>Applications des algorithmes génétiques</i>	31
II.3.6	<i>Avantages et inconvénients des algorithmes génétiques</i>	32
II.3.6.1	Avantages des AG.....	32
II.3.6.2	Inconvénient des AG.....	32
II.4	CONCLUSION	33
CHAPITRE III APPLICATIONS, RESULTATS		34
III.1	INTRODUCTION	34
III.2	PROCEDURES EXPERIMENTALES ET COLLECTION DE DONNEES.....	35
III.3	ALGORITHMES GENETIQUES.	36
III.3.1	<i>Model mathématique</i>	37
III.3.2	<i>Détermination des constantes de l'arc « A » et (n):</i>	39
III.4	L'APPLICATION DONNE LES RESULTATS DE « A » ET « N »	42
III.5	CONCLUSION	48
Conclusion Générale		49
Bibliographie.....		50

Liste des abréviations et symboles

A	Constante de l'arc
AC	Courant alternatif
AG	Algorithme génétique
C	DDSE
D	Diamètre moyen de l'isolateur
DDSE	Densité de dépôt en sels équivalente
F	Facteur de forme
H	Hauteur
I	Courant
I _c	Courant critique
L	Longueur de la ligne de fuite
NaCl	Chlorure de sodium
n	Constante de l'arc
R	Résistance
r _p	Résistance par unité de longueur
R _r	Résistance résiduelle
U	Tension
U _{arc}	Tension de l'arc
U _c	Tension critique
x	Longueur de l'arc
x _c	Longueur critique de l'arc
x _p	Longueur de la couche de pollution
α	Premier coefficient de Townsend
γ	Deuxième coefficient de Townsend
σ	La conductance constante à la queue de la décharge

Liste des figures

<i>Figure I.1 : Schéma de l'avalanche de Townsend.....</i>	<i>5</i>
<i>Figure I.2 : Distribution de la charge d'espace dans l'avalanche.....</i>	<i>7</i>
<i>Figure I.3 : Diagramme schématique de la propagation d'un.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure I.4 : Diagramme schématique de la propagation d'un.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure I.5 : Isolateur rigide en verre</i>	<i>10</i>
<i>Figure I.6 : Assemblage à rotul.....</i>	<i>11</i>
<i>Figure I.7 : Extrémités tronconiques.....</i>	<i>12</i>
<i>Figure I.8 : Extrémités en forme de tige.....</i>	<i>12</i>
<i>Figure I.9 : Isolateur capot et tige</i>	<i>13</i>
<i>Figure I.10 : Isolateur capot et tige de profil standard.....</i>	<i>13</i>
<i>Figure I.11 : Isolateur capot et tige de profil anti-brouillard (forme A).....</i>	<i>14</i>
<i>Figure I.12 : Isolateur capot et tige de profil anti -brouillard (forme B).....</i>	<i>14</i>
<i>Figure I.13 : Profil ouvert</i>	<i>15</i>
<i>Figure I.14 : Isolateur capot et tige de profil sphérique</i>	<i>15</i>
<i>Figure I.15 : Modèle physique du développement de l'arc électrique</i>	<i>16</i>
<i>Figure II.1 : Schéma du principe des algorithmes génétiques</i>	<i>22</i>
<i>Figure II.2 : Les cinq niveaux d'organisation d'un algorithme génétique</i>	<i>23</i>
<i>Figure II.3 : Illustration schématique du codage des variables réelles</i>	<i>24</i>
<i>Figure II.4 : La roulette.....</i>	<i>25</i>
<i>Figure II.5 : Croisement avec un point de Crossover</i>	<i>28</i>
<i>Figure II.6 : Croisement avec 2 points de Crossover.....</i>	<i>28</i>
<i>Figure II.7 : Croisement uniforme</i>	<i>28</i>
<i>Figure II.8 : Une mutation</i>	<i>29</i>
<i>Figure III.1 : Circuit électrique équivalent du model d'Obenaus</i>	<i>37</i>
<i>Figure III.2 : convergence des constantes de l'arc</i>	<i>42</i>
<i>Figure III.3 : La tension critique en fonction de la DDSE.....</i>	<i>43</i>
<i>Figure III.4 : convergence des constantes de l'arc</i>	<i>44</i>

<i>Figure III.5 : La tension critique en fonction de la DDSE c</i>	45
<i>Figure III.6 : convergence des constantes de l'arc</i>	46
<i>Figure III.7 : La tension critique en fonction de la DDSE</i>	47
<i>Figure III.8 : La tension critique en fonction de la DDSE</i>	47
<i>Figure III.9 : La tension critique en fonction de la DDSE</i>	48

Liste des tableaux

<i>Tableau III.1 : les valeurs proposées pour les constantes « A » et « n »</i>	40
<i>Tableau III.2 : . Les valeurs expérimentales</i>	41
<i>Tableau III.3 : application les résultats</i>	42

INTRODUCTION GENERALE

L'un des principaux objectifs dans la conception des équipements des réseaux de transport et de distribution de l'énergie électrique consiste à les rendre fiables quelque soient les conditions environnementales. Ces conditions peuvent être liées à divers facteurs tels que la pollution, la pression atmosphérique, la température,etc. Parmi les équipements électriques constituant les réseaux aériens, un intérêt particulier doit être porté aux isolateurs qui constituent un élément essentiel pour le bon fonctionnement de ces derniers et cela, malgré le fait qu'ils représentent un faible pourcentage dans le coût total de conception. En effet, leur défaillance peut avoir une grande influence sur les coûts d'exploitation des réseaux électriques, puisque leur rôle est d'assurer l'isolement électrique des phases sous tension entre elles, et entre ces dernières et les parties mises à la terre.

Ainsi les isolateurs sont les plus exposés aux accumulations de pollution et peuvent être affectés de façon importante par les surtensions transitoires qui sont capables de dépasser leur limite de tenue diélectrique en tout temps. Cela se traduit généralement par des contournements électriques pouvant conduire à des interruptions plus ou moins longues de la distribution de l'énergie électrique et à des pertes économiques importantes. Un contournement électrique se traduit par un court-circuit, entre la partie portée à la haute tension et la mise à la terre, créé par un arc électrique s'établissant généralement à la surface de la couche de pollution recouvrant l'isolateur.

Les résultats des mesures aux essais artificiels en laboratoire permettent de déterminer le profil des isolateurs et la longueur de la chaîne qui représente les meilleures performances dans les conditions de pollution du site étudié. La forme de l'isolateur est généralement conçue pour obtenir une ligne de fuite maximale entre les deux conducteurs. En effet, ces essais sont non seulement très coûteux, mais nécessitent du matériel très long à réaliser pour suivre des phénomènes très complexes à savoir la propagation des décharges le long des isolateurs dans leurs environnements réel.

Sur le plan économique, les systèmes intelligents gagneraient d'être utilisés dans le domaine de la haute tension, surtout dans l'étude à la tenue au contournement des isolateurs. Ces

techniques permettent de prédire les valeurs des paramètres d'influences caractérisant ce processus d'où un gain de temps considérable, et la diminution du nombre et de la durée des interruptions de l'alimentation en énergie électrique des consommateurs.

Structure de mémoire

Le premier chapitre est basé sur une étude bibliographique consacrée aux notions fondamentales entourant le processus de contournement des isolateurs pollués et les différents facteurs influençant sur la tension de tenue, notamment le degré de pollution, ainsi que le modèle mathématique de prédiction du contournement associé.

Une idée générale sur les algorithmes génétiques est présentée dans le deuxième chapitre, en commençant par des généralités sur les bases des algorithmes génétiques et en terminant par l'explication de la méthodologie à suivre.

Le chapitre III est une application de ces méthodes sur le phénomène de contournement.

L'algorithme génétique est utilisé pour la détermination des constantes de l'arc du modèle d'Obenaus pour cela on va utiliser les caractéristiques de 4 types d'isolateurs.

Chapitre I

LE PHENOMENE DU CONTOURNEMENT DES ISOLATEURS POLLUES

I.1 Introduction

Le défaut de contournement des isolateurs des systèmes énergétiques, causé par des conditions climatiques et environnementales sévères, peut apparaître occasionnellement. En effet, ce phénomène (le contournement) est un type de décharges électriques, et plus précisément c'est une décharge surfacique. Ce chapitre donne une idée sur les principes physiques de la décharge électrique dans les gaz et au long des interfaces gaz-solide.

Quelques types de décharges électriques dans les gaz et leurs mécanismes et caractéristiques peuvent être introduits par les théories principales qui concernent la décharge sur les surfaces polluées. L'effet de certains paramètres va être aussi discuté plus tard.

I.2 Décharge électrique dans les gaz

I.2.1 Définition

Le gaz dans son état normal est un bon isolateur. Si on établit une tension suffisante entre deux électrodes placées dans un gaz, il se produit une décharge électrique (passage d'un courant électrique). Les manifestations de cette décharge varient avec la pression du gaz (cf. Loi de Paschen). L'étude de ce phénomène relève de la physique des plasmas. 'a compléter , les expériences sur les décharges électriques dans les gaz raréfiés ont conduit à la découverte de l'électron et des rayons X. Dans ce cas, on parle aussi fréquemment d'arc électrique

L'ionisation et l'émission électronique sont les deux principales origines des charges libres, où l'ionisation est le processus de libération d'électrons des particules du gaz. L'émission électronique c'est le processus de libération des électrons à partir des surfaces solides des électrodes.

I.2.2 Les types de décharges électriques

- La décharge lumineuse (Glow discharge) est le phénomène de la diffusion lumineuse dans l'espace entre deux électrodes.
- La décharge couronne est un type de décharges partielles observées à l'intérieur d'un champ électrique non uniforme. Elle a une petite zone lumineuse entourant l'électrode
- Le canal de l'arc est une région complètement ionisée du gaz. Il est donc très chaud plasma, très brillant et à une très grande densité de courant.
- L'étincelle (spark discharge) est aussi une zone complètement ionisée du gaz mais elle est transitive Si l'énergie fournie n'est pas suffisamment grande, il y aura une mince étincelle intermittente observée entre les électrodes.

La décharge électrique se divise en décharge autonome et non-autonome:

- La décharges non autonome exige des facteurs externes (radiations naturelles ou artificielles) pour maintenir l'ionisation. Les facteurs externes sont essentiels pour la continuité de la décharge.
- La décharge autonome ne dépend pas des facteurs externes, son maintien est assuré seulement par le champ électrique appliqué.

I.2.3 Les mécanismes du claquage

Si la décharge traverse complètement la distance entre électrodes, ce qui mène la tension au voisinage de zéro, on l'appel « claquage » électrique conduit à un arc continu.

Courant électrique dans des matériaux contenus dans des matériaux magnétiques, des gaz Divers moyens d'isolation. Il y a deux principales théories qui expliquent le processus du claquage électrique. La première, est le mécanisme de décharge de Townsend, la deuxième c'est le mécanisme du streamer.

I.2.3.1 Avalanche électronique (décharge Townsend)

a) Le courant résultant du processus α :

Si on considère un gaz contenu entre deux électrodes, il peut exister dans ce gaz en l'absence de tout champ électrique appliqué, un certain nombre de charges créés par des mécanismes naturels, tels que le rayonnement ultraviolet ou radioactivité, soit par des mécanismes artificiels, par exemple en bombardant ultraviolet pour en extraire des électrons . Si un champ électrique est appliqué, les électrons sont suffisamment accélérés par le champ pour produire d'autres électrons par les collisions, qui à leur tour acquièrent par le champ électrique assez d'énergie pour ioniser d'autres atomes, et ainsi de suite, et le nombre d'électrons libres continuera à augmenter comme ils continuent à se déplacer sous l'action du champ électrique. C'est ce phénomène, qui provoque un accroissement exponentiel de la densité de charge électronique lorsqu'on s'éloigne de l'électrode. Le claquage a donc lieu fait du phénomène d'avalanche ceci est montré sur la figure I-1.

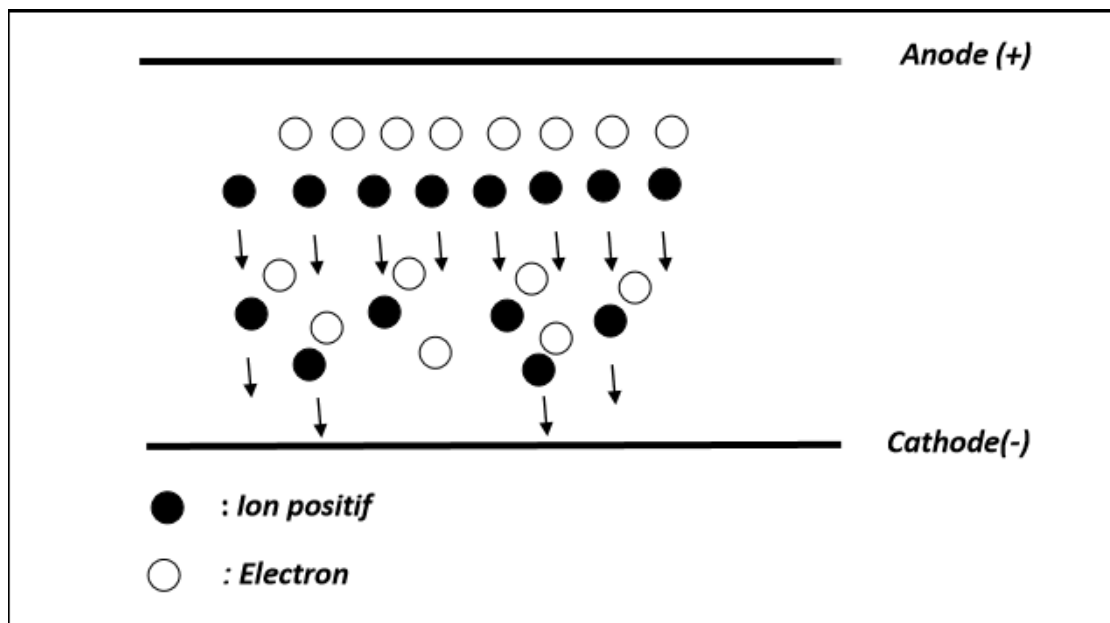


Figure I.1 : Schéma de l'avalanche de Townsend.

Cette avalanche peut être étudiée quantitativement à partir de la connaissance de coefficient d'ionisation de Townsend α qui représente le nombre d'électrons (ou ions positifs) créés par un électron par élément de longueur le long d'une ligne de force du champ appliqué. Une expression empirique exploitable considère que l'énergie thermique des électrons est acquise par le travail du champ électrique sur une distance de l'ordre du libre parcours moyen.

Or ce dernier est inversement proportionnel à la pression townsend holst et Osterhuis ont également avancé une hypothèse alternative, considérant l'émission accrue d'électrons par la cathode causée par l'influence des ions positif . Donc nous faisons, en introduisant les constantes A et B déterminées expérimentalement on a:

$$\alpha = AP \exp (-BP/E) \quad (I-1)$$

b) Le courant résultant du processus α et γ

Lorsque les ions positifs bombardent la cathode, ils provoquent une deuxième émission électrique, qui est appelé le processus γ . Le coefficient γ indique le nombre des électrons libérés lors du bombardement de la cathode par les ions positifs. Alors γ dépend de la matière et de l'état de la surface de la cathode. Les valeurs typiques de γ sont de l'ordre de 10^{-2} à 10^{-3} et 0,01 pour l'air . Le courant résultant du processus α et γ peut être déterminé par l'équation suivante :

$$I = I_0 \frac{e^{\alpha d}}{1 - \gamma e^{\alpha d}} \quad (I - 2)$$

1.2.3.2 Le mécanisme de streamer

Lorsque le produit de la pression de l'air (P) et la distance entre les électrodes (d), P·d, est plus grand que 150 mm Hg.cm, l'effet des charges de l'espace ne peut pas être négligé. Pour cette raison le mécanisme de claquage de streamer est avancé pour aider à développer le mécanisme de décharge de Townsend. Le mécanisme de claquage de streamer peut être décrit comme suit

a) La déformation du champ appliqué par la charge d'espace dans l'avalanche électronique :

A cause de la différence entre la vitesse de mouvement des électrons et des ions positifs, plusieurs charges d'espaces apparaissent dans la première avalanche électronique . Ces charges d'espace provoquent la déformation du champ électrique.

L'intensité du champ électrique à la tête et à la queue de la charge d'espace augmente, mais entre les charges d'espaces négatives et positives le champ diminue

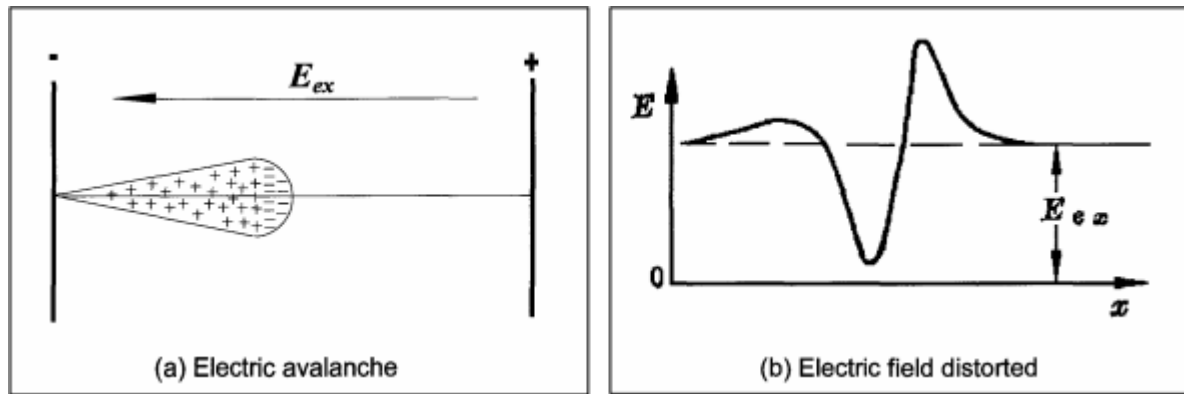


Figure I.2 : *Distribution de la charge d'espace dans l'avalanche électrique et la distorsion du champ appliqué E_{ex} .*

b) Le processus du streamer

L'augmentation du champ à la tête de l'avalanche électronique peut provoquer l'excitation des atomes. Plusieurs photons vont être émis lorsque les atomes retournent à leur état normal. Ces photons vont provoquer la photo ionisation d'autres atomes et des avalanches auxiliaires vont apparaître. Après que l'avalanche principale aura traversé la distance entre les électrodes, les électrons vont être absorbés par l'anode et les ions positifs vont former une forme canonique entre les deux électrodes. Un grand champ de charge d'espace locale est créé et d'autres avalanches auxiliaires vont apparaître au voisinage de l'anode. Le bout du streamer attire ces avalanches et leurs électrons entrent dans la zone des ions positifs. Cette action forme un canal de plasma qui s'étend de l'anode à la cathode. Ce canal est appelé le canal de streamer si le champ électrique est suffisamment fort un électron libre peut gagner suffisamment de vitesse (énergie) pour libérer un autre électron lorsqu'il entrera plus tard en collision avec une molécule. Ensuite, les électrons libres se déplacent vers l'anode et tirent suffisamment d'énergie du champ électrique pour provoquer plus d'ionisation et ainsi de suite. Ce processus est une réaction en chaîne efficace qui génère des électrons libres, si le bout du streamer arrive à la cathode le claquage final arrive.

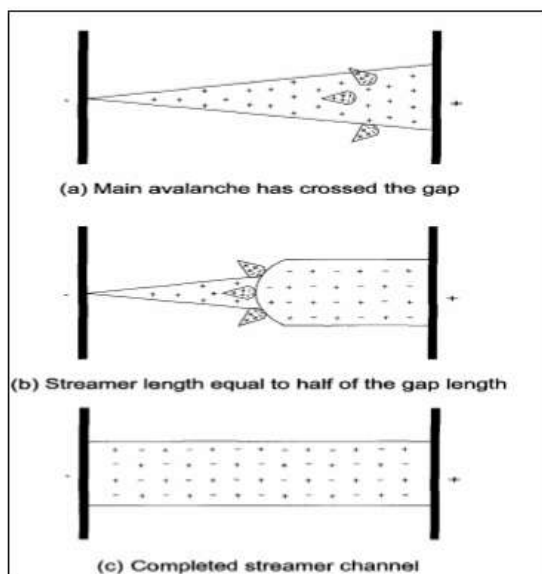


Figure I.3 : Diagramme schématique de la propagation d'un Streamer.

I.3 Contournement

Le contournement est dû au déplacement des charges libres accélérées par le champ électrique appliqué . Il se manifeste par un arc électrique dans l'air environnant entre deux pièces conductrices. L'endommagement est superficiel à cause de l'énergie thermique dégagée par l'arc.

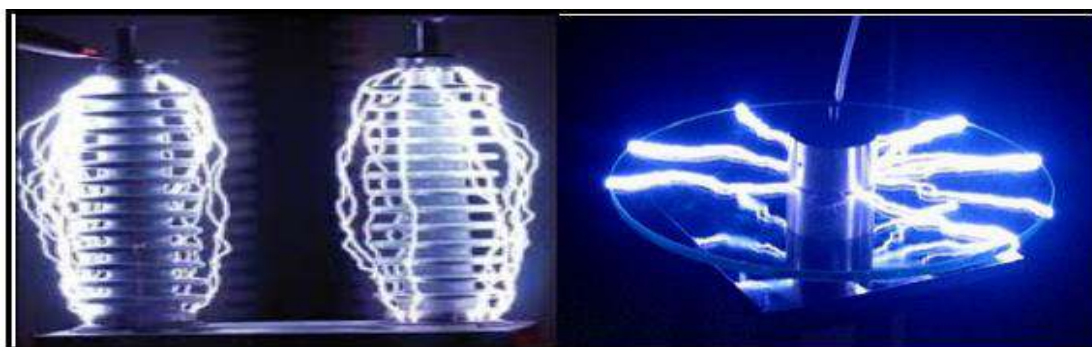


Figure I.4 : contournement d'un isolateur

I.3.1 Tension de contournement

La tension de contournement est le niveau de tension le plus bas à partir duquel tous les arcs joignent les deux électrodes. 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.3.2 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 isolateurs) .

I.3.3 Courant de fuite

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

I.3.4 Courant de fuite critique

C'est le courant minimal nécessaire pour provoquer le contournement sous pollution d'un isolateur à une tension donnée. Il est indépendant du procédé d'essai ainsi que de 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.3.5 Longueur critique d'arc

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

I.4 TYPES D'ISOLATEURS

I.4.1 Isolateurs supports

On appelle isolateurs supports, des pièces isolantes destinées à supporter, les éléments conducteurs autres que les lignes .

I.4.2 Isolateurs de traversées

Les isolateurs de traversées sont des pièces isolantes servant à faciliter le passage d'un câble ou d'un conducteur sous tension à travers un obstacle plus ou moins conducteur : mur, paroi, couvercle d'un bac (transformateur).

I.4.3 Isolateurs de type rigide

Un isolateur rigide (figure I.5) est relié au support par une ferrure fixe. Tous les isolateurs rigides normalisés sont livrés avec une douille scellée de telle façon qu'ils puissent être vissés directement sur les ferrures correspondantes. La céramique et le verre sont les deux matériaux utilisés pour les isolateurs rigides

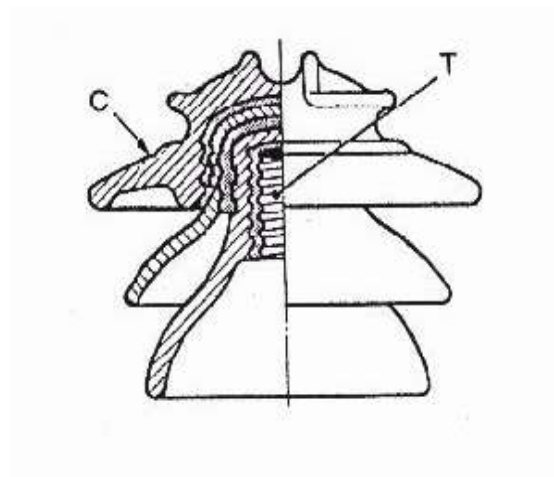


Figure I.5 : Isolateur rigide en verre.

I.4.4 Chaîne d'isolateurs

Ils sont constitués par le 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 .

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 :

- L'isolateur à capot et tige
- L'isolateur à long fût

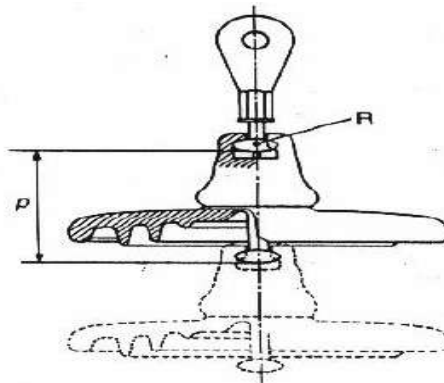


Figure I.6 : Assemblage à rotul.

I.4.5 Isolateur à long fut

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. Cette extrémité métallique peut se présenter sous deux formes distinctes, soit elle enveloppe les extrémités tronconiques sur le cylindre (figure I.7), soit en forme de tige scellée dans une cavité prévue à cet effet (figure I.8) .

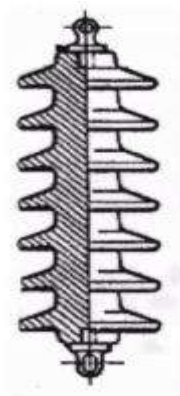


Figure I.7 : Extrémités tronconiques

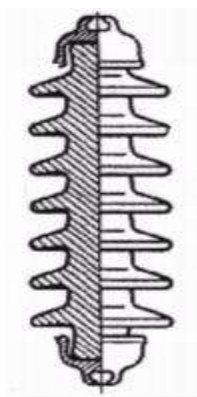


Figure I.8 : Extrémités en forme de tige

I.4.6 Isolateur à capot et tige

IL 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 troué de telle sorte qu'on peut faire entrer l'extrémité inférieure de la tige dans ce trou, et le scellement des éléments de chaîne capot et tige se fait de cette façon en faisant pénétrer la partie inférieure de la tige de l'élément supérieur dans le capot de l'élément inférieur en utilisant du ciment (Figure I.9)

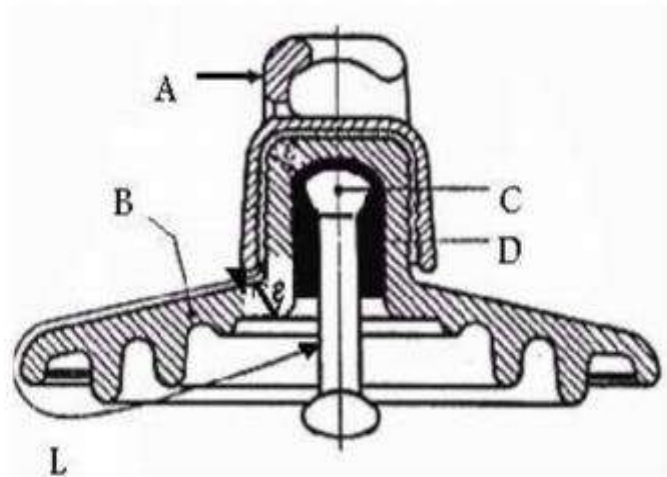


Figure I.9 : Isolateur à capot et tige

A : le capot.

B : le diélectrique (verre trempé ou céramique).

C : la tige

D : le ciment de fixation.

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

ϵ : Longueur du canal de perforation,

I.5 Différents profils des isolateurs à capot et tige

I.5.1 Profil standard

La faible profondeur, l'espacement entre les anneaux (nervures) et la ligne de fuite moyenne permettent l'utilisation de ce profil dans une zone de pollution modérée.



Figure I.10 : Isolateur à capot et tige de profil standard.

I.5.2 Profil anti brouillard

Plus large que le profil standard, l'écartement entre les anneaux permet un bon nettoyage par le vent ou la pluie et facilite le lavage manuel si nécessaire. L'espacement prévient également l'apparition d'arcs entre les anneaux adjacents dans des conditions sévères de pollution.



Figure I.11 : Isolateur à capot et tige de profil anti-brouillard (forme A)



Figure I.12 : Isolateur capot et tige de profil anti-brouillard (forme B).

I.5.3 Profil ouvert

La suppression complète des anneaux permet de réduire l'accumulation des dépôts polluants. Ce type de profil est particulièrement efficace en régions désertiques où le lavage par pluie est très rare.



Figure I.13 : Profil ouvert .

I.5.4 Profil sphérique

Ce type de profil donne une ligne de fuite équivalente au profil standard, mais l'absence d'anneaux facilite le nettoyage manuel.



Figure I.14 : Isolateur à capot et tige de profil sphérique

I.6 Le mécanisme de contournement des isolateurs pollués

Plusieurs recherches ont proposé certains critères pour le développement de l'arc et le contournement

Le premier critère quantitatif a été proposé par Obenaus [Obe-58] et complété par Neumarker [Kim-07] qui est connu sous le nom de la théorie de l'extinction. Le processus du contournement est modélisé selon un arc en série avec une résistance, qui représente la portion mouillée de la couche de pollution (figure I.15) .

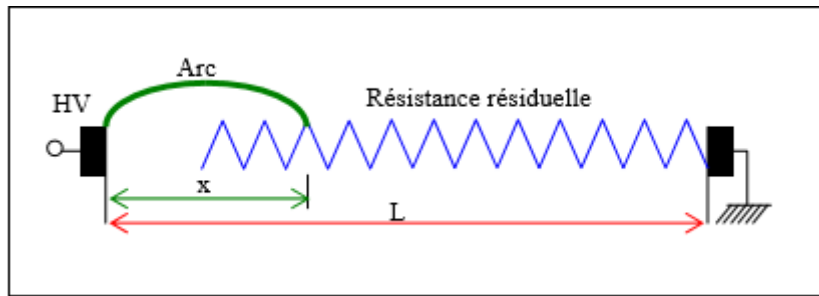


Figure I.15 : Modèle physique du développement de l'arc électrique .

La tension critique U_c (en V), qui est la tension appliquée à travers l'isolateur lorsque l'arc partiel est développé en un flashover complet, est donnée par la formule suivante :

$$U_c = \frac{A}{n+1} \cdot (L + \pi \cdot n \cdot D_m \cdot F \cdot k) \cdot (\pi \cdot A \cdot D_m \cdot \sigma)^{\frac{-n}{n+1}}$$

Où :

L : est la ligne de fuite de l'isolateur (en cm),

D_m : le diamètre maximal du disque isolant (en cm) et F est le facteur de forme.

A et n : sont les constantes d'arc

σ : C est la densité de dépôt de sel équivalente en (mg / cm^2).

K : Le coefficient de la résistance de couche de pollution dans l'isolateur à chapeau et à broche

R : est le rayon du pied d'arc (en cm) .

I.7 Sources de pollution

On peut classer les différentes sources de pollution en trois catégories :

- Pollution naturelle (marine, désertique, ...)
- Pollution industrielle
- Pollution mixte.

I.7.1 Pollution naturelle

Cette pollution peut être marine, désertique ou autre, provenant des dépôts de poussières véhiculés par les vents.

1.7.1.1 Pollution marine

Les installations situées au bord de la mer sont exposées aux embruns portés par le vent et qui se déposent progressivement sur les isolateurs, formant une couche de pollution de sel qui devient conductrice lorsqu'elle est humidifiée par le brouillard ou simplement par condensation. Un courant de fuite s'établit alors à travers la couche superficielle et des arcs électriques peuvent prendre naissance .

1.7.1.2 Pollution désertique

La pollution désertique est caractérisée surtout par les dépôts de sable se formant à la surface des isolateurs après les vents de sable. Une fois humidifiés, ces dépôts deviennent plus ou moins conducteurs (en fonction des concentrations en sels solubles qu'ils contiennent) et engendrent la circulation d'un courant de fuite qui apparaît brusquement et qui est suivi par l'apparition d'arcs partiels qui peuvent conduire au contournement total de l'isolateur.

1.7.2 Pollution industrielle

Ce type de pollution est fréquent dans les zones industrielles surtout à proximité des usines, entreprises de production éjectant des fumées (raffinerie, cimenterie,). Par ailleurs les gaz d'échappements (centrale thermiques) et les engrais utilisés en agriculture contribuent aussi aux dépôts observés à la surface des isolateurs. En présence d'une humidité intense, le sel contenu dans ces polluants abaisse considérablement la résistivité superficielle des isolateurs et le contournement peut parfois avoir lieu.

1.7.3 Pollution mixte

Ce type de pollution résulte de la combinaison entre deux ou plusieurs pollutions précitées, comme exemple les pollutions marine et industrielle lorsque les installations électriques sont situées en bord de mer.

1.8 CONSEQUENCES DE LA POLLUTION

Les couches polluantes qui s'accumulent à la surface des isolateurs provoquent une conductivité électrique superficielle. 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-circuite une partie de la ligne de fuite. Trois cas peuvent se présenter selon les contraintes auxquelles est soumis l'isolateur :

I.8.1 Arc non localisé

L'arc électrique s'éteint rapidement, puis se réamorçait 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.

I.8.2 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.

I.9 Conclusion

Le contournement des isolateurs est le problème principal à l'origine des défaillances qui affectent les réseaux de transport de l'énergie électrique. D'autre part, il y a plusieurs facteurs qui influencent sur le bon fonctionnement de l'isolateur, et on a vu dans ce chapitre que parmi ces facteurs la pollution est reconnue comme étant le facteur majeur à l'origine du contournement. Nous avons présenté un modèle mathématique visant à prédire le comportement des isolateurs pollués, mais il reste encore plusieurs aspects à explorer pour établir des liens entre les multiples facteurs intervenant dans le mécanisme du contournement. Ainsi le but du travail qui suit, est la mise en place ou l'amélioration d'outils numériques, pour la prédiction des tensions critiques de contournement .

Chapitre II

ALGORITHMES GENETIQUE

II.1 Introduction

Dans les années 1960, John Holland étudie les systèmes évolutifs et, en 1975, il introduit le premier modèle formel des algorithmes génétiques (the canonical genetic algorithm AGC) dans son livre « Adaptation in Natural and Artificial Systems » [Hol-75]. Il expliqua comment ajouter de l'intelligence dans un programme informatique avec les croisements (échangeant le matériel génétique) et la mutation (source de la diversité génétique). Ce modèle servira de base aux recherches ultérieures et sera plus particulièrement repris par Goldberg qui publiera en 1989, un ouvrage de vulgarisation des algorithmes génétiques, et ajouta à la théorie des algorithmes génétiques les idées suivantes. Un individu est lié à un environnement par son code d'ADN. Une solution est liée à un problème par son indice de qualité.

II.2 Algorithmes évolutionnaires

Il s'agit de simuler l'évolution d'une population d'individus divers (généralement tirée aléatoirement au départ) à laquelle on applique différents opérateurs (recombinaisons, mutations...) et on soumet chaque génération à une sélection. Si la sélection s'opère à partir de la fonction d'adaptation, alors la population tend à s'améliorer [Bac-96]. Un tel algorithme ne nécessite aucune connaissance du problème : on peut représenter celui-ci par une boîte noire comportant des entrées (les variables) et des sorties (les fonctions objectives). L'algorithme ne fait que manipuler les entrées, lire les sorties, manipuler à nouveau les entrées de façon à améliorer les sorties,..... etc. [Whi-93] Les algorithmes évolutionnaires constituent une approche originale : il ne s'agit pas de trouver une solution analytique exacte, ou une bonne approximation numérique, mais de trouver des solutions satisfaisantes au mieux à des différents critères, souvent contradictoires. Même s'ils ne permettent pas de trouver à coup-sûr la solution optimale de l'espace de recherche, du moins on peut constater que les solutions fournies sont généralement meilleures que celles obtenues par des méthodes plus classiques, pour un même temps de calcul. La modélisation, s'ajoutant à l'observation, à la théorie et à l'expérience, est un nouvel outil

scientifique qui s'est fait valoir depuis l'avènement de l'informatique. Celle-ci peut contribuer à la biologie théorique en la plaçant dans un contexte plus vaste.

L'objectif est double: d'une part, la modélisation de ces phénomènes permet de mieux les comprendre, et ainsi mettre en évidence les mécanismes qui sont à l'origine de la vie ; d'autre part, on peut exploiter ces phénomènes de façon libre et peuvent donc être diverses. Le domaine de l'évolution artificielle n'a connu une réelle expansion qu'à partir des 15 dernières années. Pourtant, l'idée de simuler sur ordinateurs des phénomènes évolutifs remonte aux années 50. Des concepts tels que la représentation des chromosomes par des chaînes binaires étaient déjà présents.

L'essor de l'évolution artificielle, depuis les années 80, peut s'expliquer par deux phénomènes concurrents. Premièrement, cet essor est principalement dû à l'accroissement exponentiel des moyens de calculs mis à la disposition des chercheurs, ce qui leur a permis d'obtenir des résultats expérimentaux pertinents et prometteurs. Le deuxième point est l'abandon du biologiquement plausible. Trois types d'algorithmes évolutifs ont été développés isolément et à peu près simultanément, par différents scientifiques : la programmation évolutionniste [Fog66], les Stratégies d'évolution [Rec-65] et les Algorithmes Génétiques.

II.3 Algorithmes génétiques

Nous traiterons seulement ici les algorithmes génétiques fondés sur le Néo Darwinisme, c'est-à-dire l'union de la théorie de l'évolution et de la génétique moderne. Ils s'appuient sur différentes techniques dérivées de cette dernière: croisements, mutation, sélection... Un algorithme génétique recherche le ou les extrema d'une fonction définie sur un espace de données. Pour l'utiliser, on doit disposer des cinq éléments suivants:

1. Un principe de codage de l'élément de population. Cette étape associe à chaque point de l'espace d'état une structure de données. Elle se place généralement après une phase de modélisation mathématique du problème traité. La qualité du codage des données conditionne le succès des algorithmes génétiques. Les codages binaires ont été très utilisés à l'origine. Les codages réels sont désormais largement utilisés, notamment dans les domaines applicatifs pour l'optimisation de problèmes à variables réelles.
2. Un mécanisme de génération de la population initiale. Ce mécanisme doit être capable de produire une population d'individus non homogène qui servira de base pour les générations futures. Le choix de la population initiale est important car il peut rendre plus ou moins rapide la convergence vers l'optimum global. Dans le cas où l'on ne connaît rien du

problème à résoudre, il est essentiel que la population initiale soit répartie sur tout le domaine de recherche.

3. Une fonction à optimiser. Celle-ci retourne une valeur appelée fitness ou fonction d'évaluation de l'individu.
4. Des opérateurs permettant de diversifier la population au cours des générations et d'explorer l'espace d'état. L'opérateur de croisement recompose les gènes d'individus existant dans la population, l'opérateur de mutation a pour but de garantir l'exploration de l'espace d'états
5. Des paramètres de dimensionnement: Taille de la population, nombre total de générations ou critère d'arrêt, probabilités d'application des opérateurs de croisement et de mutation.

Nous savons maintenant sur quoi se basent les algorithmes génétiques. Il est désormais temps d'approfondir les mécanismes de sélection de population et la notion de diversité qui en découle. Nous tacherons également à définir les opérateurs évoqués dans l'organigramme de l'algorithme évolutionnaire et à donner une image à la fois globale et précise des outils principaux des algorithmes génétiques.

II.3.1 Théorie des algorithmes génétiques

Comme dans la nature où les êtres se reproduisent, dans le modèle des algorithmes génétiques, les spécimens se reproduiront aussi; en particulier ceux jugés les plus forts se reproduiront à un rythme plus rapide. Des opérateurs génétiques seront appliqués sur des candidats en espérant engendrer ainsi de nouveaux candidats plus performants. En biologie, on manipule des gènes et des chromosomes; il en va de même dans le modèle des AG, les problèmes et les solutions seront encodées. L'encodage prend souvent la forme d'une chaîne de bits. Ces chaînes de bits sont comparables aux chromosomes des systèmes biologiques, tandis que les bits ou caractères qui composent ces chaînes sont comparables aux gènes. L'ensemble de ces chaînes forme une population, alors qu'en biologie on parle de génotype.

II.3.2 Principe de fonctionnement des algorithmes génétiques

Les algorithmes génétiques fournissent des solutions aux problèmes n'ayant pas de solutions calculables en temps raisonnable de façon analytique ou algorithmique. Selon cette méthode, des milliers de solutions (génotypes) plus ou moins bonnes sont créées au hasard puis sont soumises à un procédé d'évaluation de la pertinence de la solution simulant l'évolution des espèces : les plus "adaptées", c'est-à-dire les solutions au problème qui sont les plus optimales survivent davantage que celles qui le sont moins et la population évolue par générations

successives en croisant les meilleures solutions entre elles et en les faisant muter, puis en relançant ce procédé un certain nombre de fois afin d'essayer de tendre vers la solution optimale.

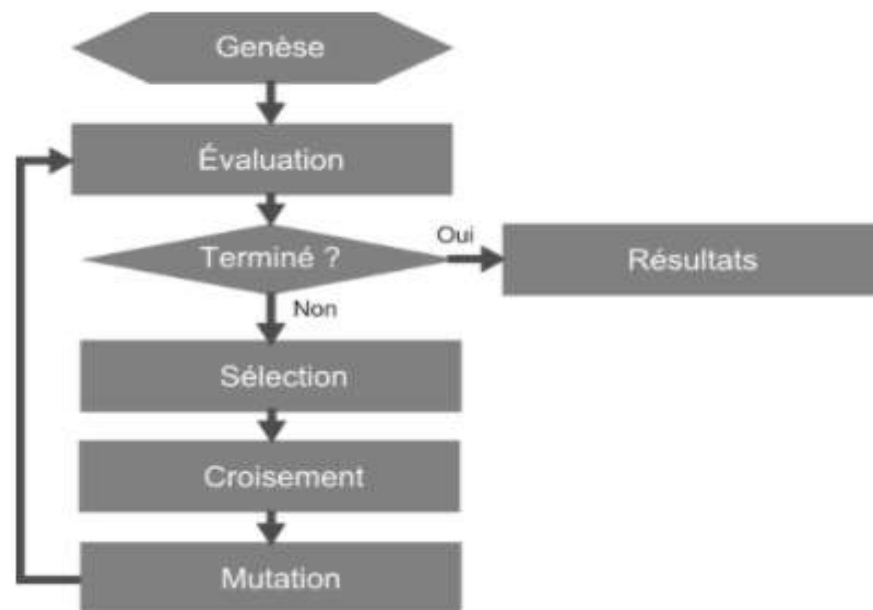


Figure II.1 : Schéma du principe des algorithmes génétiques

Le critère d'arrêt peut être de natures diverses, par exemple :

- Un taux minimum qu'on désire atteindre d'adaptation de la population au problème,
- Un certain temps de calcul à ne pas dépasser,
- Un certain nombre de générations à ne pas dépasser,
- Une combinaison de ces trois points.

Cela en fait donc un modèle minimal et canonique pour n'importe quel système évolutionnaire et pour n'importe quel problème pouvant être abordé sous cet angle, sous ce paradigme. En effet, l'utilisation des algorithmes génétiques, ne requiert pas la connaissance de la nature du problème, il est seulement nécessaire de fournir une fonction permettant de coder une solution sous forme de gènes (et donc de faire le travail inverse) ainsi que de fournir une fonction permettant d'évaluer la pertinence d'une solution au problème donné.

II.3.3 Les caractéristiques des algorithmes génétiques

Les algorithmes génétiques se caractérisent par quatre aspects : le codage des paramètres du problème, l'espace de recherche, la fonction d'évaluation servant à sélectionner les chromosomes parents, et le hasard qui joue un rôle important dans l'évolution des chromosomes de génération en génération. Nous allons passer en revue ces différents aspects

II.3.3.1 Codage

Chaque paramètre d'une solution est assimilé à un gène, toutes les valeurs qu'il peut prendre sont les allèles de ce gène, on doit trouver une manière de coder chaque allèle différent de façon unique (établir une bijection entre l'allèle "réel" et sa représentation codée). Un chromosome est une suite de gènes, on peut par exemple choisir de regrouper les paramètres similaires dans un même chromosome (chromosome à un seul brin) et chaque gène sera repérable par sa position. Chaque individu est représenté par un ensemble de chromosomes, et une population est un ensemble d'individus

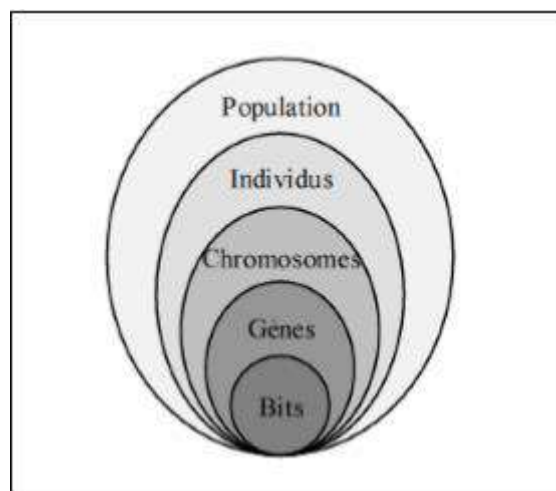


Figure II.2 : Les cinq niveaux d'organisation d'un algorithme génétique

Il y a trois principaux types de codage utilisables, et on peut passer de l'un à l'autre facilement :

- Le codage binaire : c'est le plus utilisé. Chaque gène dispose du même alphabet binaire $\{0,1\}$. Si un gène est représenté par un entier long (32 bits), les chromosomes qui sont des suites de gènes sont représentés par des tableaux de gènes et les individus de notre espace de recherche sont représentés par des tableaux de chromosomes.
- Le codage réel : les nombres binaires étant pour nous moins évocateurs que les nombres réels, des difficultés surviennent pour exprimer la fonction objective et traiter les problèmes à plusieurs variables. En outre, les opérations de conversion des solutions potentielles (réelles) en chaînes de bits et des solutions obtenues en une forme réelle facilitant leur interprétation sont coûteuses en temps-machine. De plus, elles sont répétées un grand nombre de fois à chaque génération. La représentation réelle propose un compromis intéressant : elle élimine toutes les opérations de conversion, mais en contrepartie elle rend les algorithmes génétiques plus dépendants des problèmes

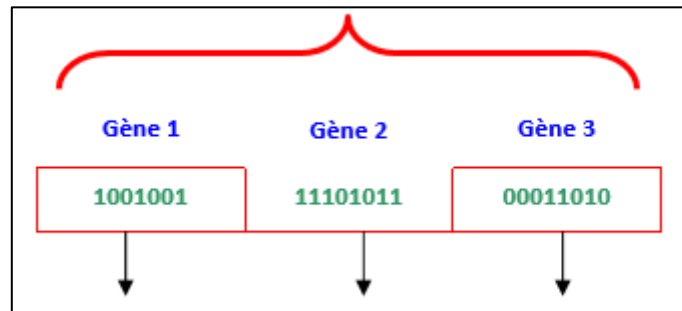


Figure II.3 : Illustration schématique du codage des variables réelles

Le codage de Gray : dans le cas d'un codage binaire on utilise souvent la "distance de Hamming" comme mesure de la dissimilarité entre deux éléments de population, cette mesure compte les différences de bits de même rang de ces deux séquences. Et c'est là que le codage binaire commence à montrer ses limites. En effet, deux éléments voisins en terme de distance de Hamming ne codent pas nécessairement deux éléments proches dans l'espace de recherche. Cet inconvénient peut être évité en utilisant un "codage de Gray" : le codage de Gray est un codage qui a comme propriété qu'entre un élément n et un élément $n+1$, donc voisin dans l'espace de recherche, un seul bit diffère. Il existe deux types de difficultés dans le choix d'un codage. D'une part celui-ci doit pouvoir être adapté au problème de façon à limiter au mieux la taille de l'espace de recherche, et aussi de façon que les nouveaux chromosomes engendrés par les opérateurs de recherche soient significatifs le plus souvent possible, c'est-à-dire qu'ils puissent coder des solutions valides respectant les contraintes du problème

II.3.4 Opérateurs génétiques

Trois mécanismes composent essentiellement les opérateurs génétiques la sélection, le croisement et la mutation. Ces opérateurs se retrouvent dans la littérature sous plusieurs variantes

II.3.4.1 Opérateur de sélection

Cet opérateur est chargé de définir quels seront les individus de P qui vont être dupliqués dans la nouvelle population $P+1$ et vont servir de parents (application de l'opérateur de croisement). Cet opérateur est peut-être le plus important puisqu'il permet aux individus d'une

population de survivre, de se reproduire ou de mourir. En règle générale, la probabilité de survie d'un individu sera directement liée à son efficacité relative au sein de la population

On trouve essentiellement quatre types de méthodes de sélection différentes: La méthode de la "loterie biaisée" (roulette wheel) de Goldberg,

- La méthode "élitiste",
- La sélection par tournois,
- La sélection universelle stochastique

a) La loterie biaisée ou roulette wheel:

Cette méthode est la plus connue et la plus utilisée

Avec cette méthode chaque individu a une chance d'être sélectionné proportionnelle à sa performance, donc plus les individus sont adaptés au problème, plus ils ont de chances d'être sélectionnés. Pour utiliser l'image de la "roue du forain", chaque individu se voit attribué un secteur dont l'angle est proportionnel à son adaptation, sa "fitness". On fait tourner la roue et quand elle cesse de tourner on sélectionne l'individu correspondant au secteur désigné par une sorte de "curseur", curseur qui pointe sur un secteur particulier de celle-ci après qu'elle se soit arrêtée de tourner.

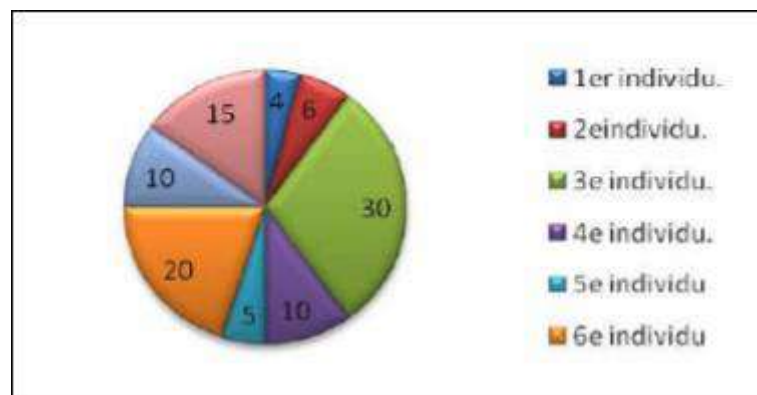


Figure II.4 : La roulette

Cette méthode, bien que largement répandue, a pas mal d'inconvénients:

En effet, elle a une forte variance. Il n'est pas impossible que sur n sélections successives destinées à désigner les parents de la nouvelle génération P' , la quasi-totalité, voire pire la totalité des n individus sélectionnés soient des individus ayant une fitness vraiment mauvaise et donc que pratiquement aucun individu voire aucun individu à forte fitness ne fasse partie des parents de la nouvelle génération. Ce phénomène est bien sûr très dommageable car cela va

complètement à l'encontre du principe des algorithmes génétiques qui veut que les meilleurs individus soient sélectionnés de manière à converger vers une solution la plus optimale possible

A l'inverse, on peut arriver à une domination écrasante d'un individu "localement supérieur". Ceci entraînant une grave perte de diversité. Imaginons par exemple qu'on ait un individu ayant une fitness très élevée par rapport au reste de la population, disons dix fois supérieure, il n'est pas impossible qu'après quelques générations successives on se retrouve avec une population ne contenant que des copies de cet individu. Le problème est que cet individu avait une fitness très élevée, mais que cette fitness était toute relative, elle était très élevée mais seulement en comparaison des autres individus. On se retrouve donc face à problème

connu sous le nom de "convergence prématurée; l'évolution se met donc à stagner et on atteindra alors jamais l'optimum, on restera bloqué sur un optimum local. Il existe certaines techniques pour essayer de limiter ce phénomène, comme par exemple le scaling, qui consiste à effectuer un changement d'échelle de manière à augmenter ou diminuer de manière forcée la fitness d'un individu par rapport à un autre selon leur écart de fitness. Malgré tout, il est conseillé d'opter plutôt pour une autre méthode de sélection

b) La méthode élitiste

Cette méthode consiste à sélectionner les n individus dont on a besoin pour la nouvelle génération P' en prenant les n meilleurs individus de la population P après l'avoir triée de manière décroissante selon la fitness de ses individus. Il est inutile de préciser que cette méthode est encore pire que celle de la loterie biaisée dans le sens où elle amènera à une convergence prématurée encore plus rapidement et surtout de manière encore plus sûre que la méthode de sélection de la loterie biaisée ; en effet, la pression de la sélection est trop forte, la variance nulle et la diversité inexistante, du moins le peu de diversité qu'il pourrait y avoir ne résultera pas de la sélection mais plutôt du croisement et des mutations. Là aussi il faut opter pour une autre méthode de sélection

c) La sélection par tournois

Cette méthode est celle avec laquelle on obtient les résultats les plus satisfaisants

Le principe de cette méthode est le suivant : on effectue un tirage avec remise de deux individus de P , et on les fait "combattre". Celui qui a la fitness la plus élevée l'emporte avec une probabilité p comprise entre 0.5 et 1. On répète ce processus n fois de manière à obtenir les n individus de P' qui serviront de parents. La variance de cette méthode est élevée et le fait

d'augmenter ou de diminuer la valeur de p permet respectivement de diminuer ou d'augmenter la pression de la sélection

d) La sélection universelle stochastique

Cette méthode semble être très peu utilisée et qui plus est possède une variance faible, donc introduit peu de diversité, nous n'entrerons donc pas dans les détails, on se contentera d'exposer sa mise en oeuvre : On prend l'image d'un segment découpé en autant de sous-segments qu'il y a d'individus. Les individus sélectionnés sont désignés par un ensemble de points équidistants

II.3.4.2 Opérateur de croisement ou Crossover

Le crossover utilisé par les algorithmes génétiques est la transposition informatique du mécanisme qui permet, dans la nature, la production de chromosomes qui héritent partiellement des caractéristiques des parents. Son rôle fondamental est de permettre la recombinaison des informations présentes dans le patrimoine génétique de la population. Cet opérateur est appliqué après avoir appliqué l'opérateur de sélection sur la population P ; on se retrouve donc avec une population P' de $n/2$ individus et on doit doubler ce nombre pour que notre nouvelle génération soit complète. On va donc créer de manière aléatoire $n/4$ couples et on les fait se "reproduire". Les chromosomes (ensembles de paramètres) des parents sont alors copiés et recombinaison de façon à former deux descendants possédant des caractéristiques issues des deux parents. Détaillons ce qui se passe pour chaque couple au niveau de chacun de leurs chromosomes. Un, deux, voire jusqu'à $l_g - 1$ (où l_g est la longueur du chromosome) points de croisements (loci) sont tirés au hasard, chaque chromosome se retrouve donc séparé en "segments". Puis chaque segment du parent 1 est échangé avec son "homologue" du parent 2 selon une probabilité de croisement p_c . De ce processus résulte 2 fils pour chaque couple et notre population P' contient donc bien maintenant n individus. On peut noter que le nombre de points de croisements ainsi que la probabilité de croisement p_c permettent d'introduire plus ou moins de diversité. En effet, plus le nombre de points de croisements sera grand et plus la probabilité de croisement sera élevée plus il y aura d'échange de segments, donc d'échange de paramètres, d'information, et plus le nombre de points de croisements sera petit et plus la probabilité de croisement sera faible, moins le croisement apportera de diversité.

Les schémas ci-dessous, illustrent : un croisement en un point (Fig) , un autre pour un croisement en deux points(Fig)

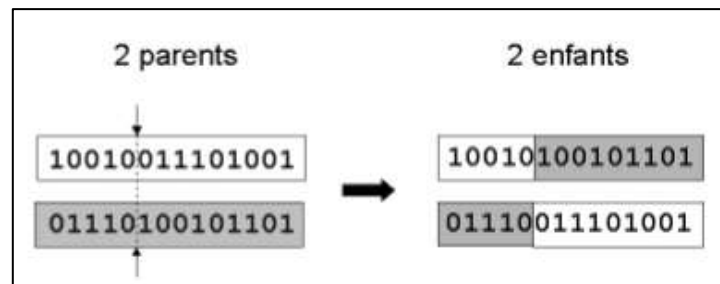


Figure II.5 : Croisement avec un point de Crossover

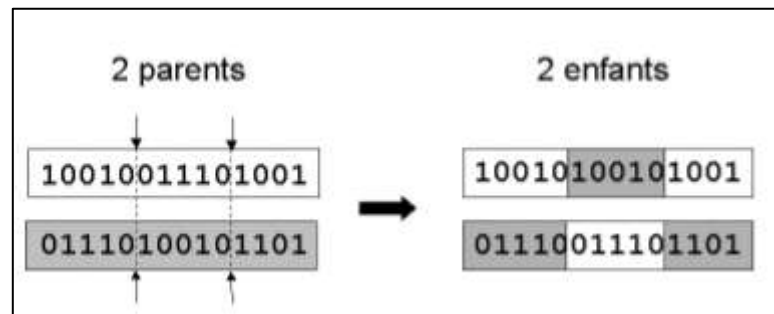


Figure II.6 : Croisement avec 2 points de Crossover

On peut citer aussi une autre méthode très utilisée dans le cas des problèmes modélisés par un codage binaire, il s'agit du croisement uniforme. La mise en œuvre de ce procédé est fort simple, elle consiste à définir de manière aléatoire un "masque", c'est-à-dire une chaîne de bits de même longueur que les chromosomes des parents sur lesquels il sera appliqué. Ce masque est destiné à savoir, pour chaque locus, de quel parent le premier fils devra hériter du gène s'y trouvant; si l'un des locus de masque présente un 0, le fils héritera le gène s'y trouvant du parent n° 1, si il présente un 1 il en héritera du parent n° 2. La création du fils n° 2 se fait de manière symétrique. Le schéma représentant le croisement uniforme est donné dans la figure

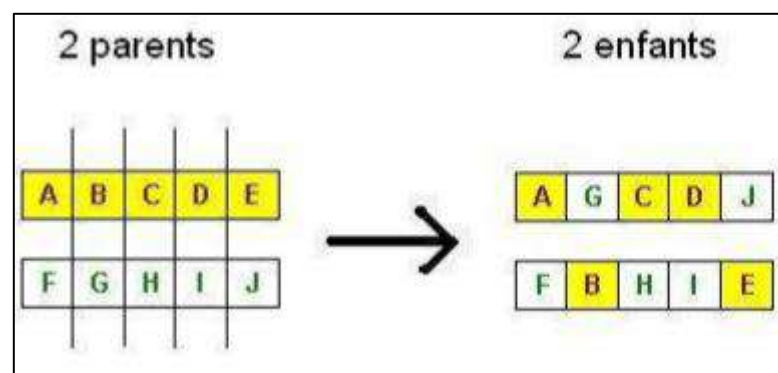


Figure II.7 : Croisement uniforme

Les nouvelles chaînes peuvent être totalement différentes de leurs parents. Il faut toutefois remarquer que le croisement n'aura aucun effet sur un gène dont les parents ont la même valeur à la même position

II.3.4.3 Opérateur de mutation

La mutation est le processus selon lequel la valeur d'un gène choisi au hasard dans un chromosome est régénérée (Fig II-10). C'est un processus qui ne survient qu'occasionnellement dans un algorithme génétique avec une probabilité P_m très faible. Une mutation consiste simplement en l'inversion d'un bit (ou de plusieurs bits, mais vu la probabilité de mutation c'est extrêmement rare) se trouvant en un locus bien particulier et lui aussi déterminé de manière aléatoire

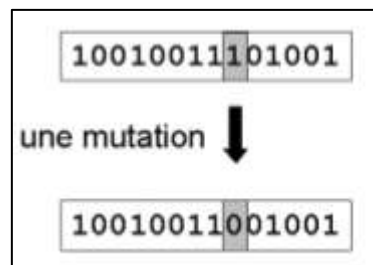


Figure II.10 : Une mutation

L'opérateur de mutation modifie donc de manière complètement aléatoire les caractéristiques d'une solution, ce qui permet d'introduire et de maintenir la diversité au sein de notre population de solutions. Cet opérateur joue le rôle d'un "élément perturbateur", il introduit du "bruit" au sein de la population. En effet, une mutation pouvant intervenir de manière aléatoire au niveau de n'importe quel locus, on a la certitude mathématique que n'importe quel permutation de notre chaîne de bits peut apparaître au sein de la population et donc que tout point de l'espace de recherche peut être atteint. On notera que la mutation règle donc le problème exposé après le croisement

II.3.4.4 Opérateur de remplacement

Cet opérateur est le plus simple, son travail consiste à réintroduire les descendants obtenus par application successive des opérateurs de sélection, de croisement et de mutation (la population P') dans la population de leurs parents (la population P)

Ce faisant il vont remplacer une certaine proportion de ceux-ci, proportion pouvant bien sûr être choisie. Le rapport entre le nombre d'individus nouveaux allant être introduits dans la

population P et le nombre d'individus de cette population est connu sous le nom de generation gap

On trouve essentiellement 2 méthodes de remplacement différentes:

Le remplacement stationnaire : dans ce cas, les enfants remplacent automatiquement les parents sans tenir compte de leurs performances respectives, et le nombre d'individus de la population ne varie pas tout au long du cycle d'évolution simulé, ce qui implique donc d'initialiser la population initiale avec un nombre suffisant d'individus. Cette méthode peut être mise en oeuvre de 2 façons différentes:

- La première se contente de remplacer la totalité de la population P par la population P', cette méthode est connue sous le nom de remplacement générationnel et on a donc un generation gap qui vaut 1
- La deuxième méthode consiste à choisir une certaine proportion d'individus de P' qui remplaceront leurs parents dans P (proportion égale à 100 % dans le cas du remplacement générationnel)

De plus dans bien des cas, étant donné que même un enfant ayant une faible performance remplace forcément un parent, on n'atteint pas la meilleure solution mais on s'en approche seulement

- Le remplacement élitiste : dans ce cas, on garde au moins l'individu possédant les meilleures performances d'une génération à la suivante. En général, on peut partir du principe qu'un nouvel individu (enfant) prend place au sein de la population que s'il remplit le critère d'être plus performant que le moins performant des individus de la population précédente. Donc les enfants d'une génération ne remplaceront pas nécessairement leurs parents comme dans le remplacement stationnaire et par là même la taille de la population n'est pas figée au cours du temps. Ce type de stratégie améliore les performances des algorithmes évolutionnaire dans certains cas. Mais présente aussi un désavantage en augmentant le taux de convergence prématuré

Néanmoins, des implémentations plus fines procèdent de manière différente. Dans ce cas là, le taux de remplacement n'est pas de 100 %, la taille de la population augmente donc au cours des générations successives, on dit qu'il y a overcrowding. Il faut donc trouver un moyen pour sélectionner les parents qui seront supprimés, qui vont mourir. De Jong a proposé la solution suivante : imaginons qu'on veuille remplacer 30 % des parents, soit n_p le nombre de parents correspondants à ce pourcentage, on remplacera les n_p parents les plus proches de leurs descendants de P'. Cette méthode permet donc premièrement de maintenir la diversité et deuxièmement d'améliorer la fitness globale de la population

II.3.5 Applications des algorithmes génétiques

Un élément de base de la génétique biologique est constitué par les chromosomes que les chromosomes se croisent. Mutate lui-même et un nouvel ensemble de chromosomes est généré. Sur la base de l'exigence, certains des chromosomes survivent. C'est le cycle d'une génération en génétique biologique. Le processus ci-dessus est répété pendant de nombreuses générations et enfin le meilleur ensemble de chromosomes en fonction des besoins sera disponible. C'est le processus naturel de la génétique biologique. L'algorithme mathématique équivalent au comportement ci-dessus utilisé comme technique d'optimisation est appelé algorithme génétique artificiel. Considérons le problème de maximisation de la fonction $f(x)$ soumise à la contrainte x qui varie de « m » à « n ». La fonction $f(x)$ est appelée fonction de fitness. La population initiale de chromosomes est générée aléatoirement. (c'est-à-dire que les valeurs de la variable « x » sont sélectionnées au hasard entre la plage « m » à « n ». Soit les valeurs x_1, x_2, \dots, x_L , où « L » est la taille de la population. Notez qu'ils sont appelés chromosomes dans le contexte biologique. Les opérations génétiques telles que le croisement et la mutation sont effectuées pour obtenir les chromosomes « $2*L$ » comme décrit ci-dessous. Deux chromosomes de la population actuelle sont sélectionnés au hasard (c'est-à-dire, sélectionnez deux nombres de la population actuelle. L'opération de croisement génère deux autres nombres y_1 et y_2 en utilisant les nombres sélectionnés. Laissez les nombres choisis au hasard être x_3 et x_9 . $1-r$)* x_9 . De même, y_2 est calculé comme $(1-r)*x_3+r*x_9$, où ' r ' est le nombre aléatoire généré entre 0 et 1. La même opération est répétée « L » fois pour obtenir « $2*L$ » chromosomes nouvellement générés. Une opération de mutation est effectuée pour les chromosomes obtenus afin de générer des chromosomes mutés « $2*L$ ». Par exemple, le nombre généré « y_1 » est muté pour donner z_1 calculé mathématiquement comme $r_1 * y_1$, où r_1 est le nombre aléatoire généré. Ainsi, le nouvel ensemble de chromosomes après croisement et mutation est obtenu sous la forme [$z_1 z_2 z_3 \dots z_{2L}$]. Parmi les valeurs « $2L$ » générées après les opérations génétiques, les valeurs « L » sont sélectionnées en fonction de la sélection de la roue de la roulette

II.3.6 Avantages et inconvénients des algorithmes génétiques

II.3.6.1 Avantages des AG

- Les AG opèrent au niveau du codage des paramètres sans se soucier de leur nature, donc ils s'appliquent à de nombreuses classes de problèmes, qui dépendent éventuellement de plusieurs paramètres de natures différentes (booléens, entiers, réels, fonctions)
- Pour les mêmes raisons un AG est dans l'idéal totalement indépendant de la nature du problème et de la fonctionnelle à optimiser, car il ne se sert que des valeurs d'adaptation, qui peuvent être très différentes des valeurs de la fonction à optimiser, même si elles sont calculées à partir de cette dernière
- Potentiellement les AG explorent tous l'espace des points en même temps, ce qui limite les risques de tomber dans des optimums locaux
- Les AG ne se servent que des valeurs de la fonctionnelle pour optimiser cette dernière, on a pas besoin d'effectuer de coûteux et parfois très complexes calculs
- Les AG présentent une grande robustesse c'est-à-dire une grande capacité à trouver les optimums globaux des problèmes d'optimisation

II.3.6.2 Inconvénient des AG

- Les AG ne sont encore actuellement pas très efficaces en coût (ou vitesse de convergence), vis-à-vis de méthodes d'optimisation plus classiques
- Parfois les AG convergent très vite vers un individu particulier de la population dont la valeur d'adaptation est très élevée
- Le respect de la contrainte de domaine par la solution codée sous forme de chaîne de bits pose parfois problème. Il faut bien choisir le codage, voir modifier les opérateurs
- L'utilisation d'un AG ne garantit pas le succès de l'optimisation
- En pratique l'efficacité d'un AG dépend souvent de la nature du problème d'optimisation. Selon les cas, le choix des opérateurs et des paramètres sera souvent critique, mais aucune théorie générale ne permet de connaître avec certitude le bon choix, il faudra faire plusieurs expériences pour s'en approcher

II.4 Conclusion

On sait que les applications des algorithmes génétiques sont multiples: optimisation de fonctions numériques difficiles, traitement d'image, contrôle de systèmes industriels, cryptographie, apprentissage des réseaux de neurones, etc....

Les algorithmes génétiques seuls ne sont pas très efficaces dans la résolution d'un problème. Ils apportent cependant assez rapidement une solution acceptable. Néanmoins, il est possible de l'améliorer assez efficacement en le combinant avec un algorithme déterministe

Au cours de ce chapitre, un algorithme d'optimisation basé sur les principes des algorithmes génétiques a été présenté

Chapitre III

APPLICATIONS, RESULTATS

III.1 Introduction

La tension critique de contournement d'un isolateur pollué est un paramètre significatif de la fiabilité d'un système d'énergie, plusieurs approches ont été développées pour l'estimation de la tension de contournement. L'exposition du matériel isolant à des différentes conditions environnementales est inévitable dans tous les systèmes énergétiques.

Les principaux types de pollution des isolateurs sont la pollution naturelle et la pollution industrielle si ce n'est pas les deux à la fois!

La coexistence du duo, la pollution (naturelle et/ou industrielle) et l'humidité (rosée, brouillard ou la pluie) est une condition défavorable à l'isolateur. La présence de particules électrolytes avec l'humidité peut former un film fin avec conductibilité élevée sur la surface de l'isolateur. Cette couche réduit la résistance de la surface et conduit à un courant de fuite. Le résultat de ce courant est l'échauffement ohmique de la surface et création d'une bande sèche, cette dernière une fois formée, des décharges partielles peuvent apparaître et si la tension et le courant de fuite arrivent à une certaine valeur critique, le phénomène de contournement peut apparaître.

Il y a plusieurs techniques utilisées pour la réduction de ce phénomène et quelques une de ces techniques font inclure un nettoyage périodique des isolateurs pollués. Cependant, si le programme de nettoyage et de maintenance n'est pas bien établi il peut coûter chère.

L'étude expérimentale de la tension critique de contournement prend beaucoup de temps et rencontre plusieurs obstacles, comme le coût très élevé et la nécessité d'un équipement spécial, sont à l'origine du développement de plusieurs approches pour l'estimation de la tension de contournement d'un isolateur pollué.

La plupart sont basées sur des modèles mathématiques et des relations analytiques pour la tension de contournement des isolateurs pollués. La technique de l'intelligence artificielle peut

être utilisée dans les problèmes exigeants des fonctions d'approximation, des classifications et connaissance schématiques, des estimations et prédictions

Dans le domaine des isolateurs haute tension, l'intelligence artificielle peut être utilisée pour l'estimation du degré de pollution, la prédiction d'un contournement, l'analyse des pistes sur les surfaces des isolateurs pollués et également l'estimation de la tension de contournement d'un isolateur pollué. Ce dernier cas va être soigneusement examiné dans ce travail.

Ce travail essaye d'utiliser les valeurs expérimentales et les résultats des approches théoriques pour construire et établir un ANN qui peut estimer la valeur de la tension critique de contournement et un AG qui détermine les constantes de l'arc « A » et « n » du model mathématique qui donnent les meilleurs résultats, en utilisant comme données les caractéristiques de l'isolateur

III.2 Procédures expérimentales et collection de données

Les expériences ont été réalisées sur un isolateur de station de test installé dans un laboratoire de Haute Tension de PPCTRSC à Athènes et conformément aux normes IEC [Kon-06].

Dans cette station qui est constituée principalement de deux chambres, chambre de pollution et chambre de brouillard, les essais ont été faits sur des isolateurs pollués artificiellement dans le but de déterminer la tension de contournement.

La pollution est simulée conformément à la méthode de la couche solide. Avant la suspension des l'isolateurs dans la chambre de pollution, ils ont été soigneusement lavés pour enlever toutes les traces de graisse, en les émergeant dans une solution de trisodium de phosphate et en les rinçant avec de l'eau du robinet.

Le contaminant utilisé était : 75 g/l d'argile de kaolin, 675 g/l poudre de silice, NaCl comme exigé, et suspendu dans l'alcool isopropyl. La contamination à besoin d'une durée de 30 min. Après que les isolateurs sont contaminés, ils doivent être laissés sécher pendant une heure. La DDSE sur la surface de l'isolateur est mise selon un index de sévérité de pollution.

Durant l'exposition des isolateurs au brouillard dans la chambre de brouillard le système de jet est conforme aux normes de la CEI.

Le temps nécessaire pour atteindre le maximum de conductivité de la couche conductrice est d'environ 35-40 min après cela la tension d'essai est appliquée sur l'isolateur dans un temps

qui ne doit pas dépasser 5 s et doit être maintenue jusqu'au contournement. On retire l'isolateur de la chambre de brouillard et on le laisse sécher. On recommence l'opération trois fois les

III.3 algorithmes génétiques.

Les chromosomes sont les éléments de base de la biologie génétique. Ils se croisent entre eux, passent à une auto mutation et un nouveau groupe de chromosomes est généré, selon les exigences seulement quelques chromosomes survivent, c'est le cycle des générations dans la biologie génétique.

Ce processus se répète pour plusieurs générations et en fin le meilleur groupe de chromosomes selon les exigences sera retenu. Ça c'est le processus naturel de la biologie génétique. L'algorithme mathématique équivalent à ce comportement utilisé comme une technique d'optimisation est appelé algorithme génétique artificiel.

Considérons le problème de maximiser la fonction $f(x)$ dont x varie de « m » à « n ». La fonction $f(x)$ est appelée la fonction appropriée (fitness). La population initiale de chromosomes est générée aléatoirement c'est-à-dire les valeurs de la variable « x » sont sélectionnées aléatoirement entre « m » et « n ». Supposons que les valeurs sont x_1, x_2, \dots, x_L où « L » c'est la taille de la population, qui sont appelés des chromosomes dans le contexte biologique.

Les opérations génétiques comme le croisement et la mutation sont faites pour obtenir $2L$ chromosomes comme décrit ci-dessous

Deux chromosomes de la population sont sélectionnés aléatoirement c'est-à-dire deux nombres sont sélectionnés.

L'opération de croisement génère deux autres nombres y_1 et y_2 en utilisant les nombres sélectionnés.

Soit les nombres sélectionnés sont x_3 et x_9 . y_1 est calculée comme suit:

$$y_1 = r.x_3 + (1-r).x_9 \quad \text{(III.1)}$$

et de même y_2 est calculé:

$$y_2 = (1-r)x_3 + r.x_9 \quad \dots \quad \text{(III.2)}$$

Où « r » est un nombre aléatoire généré entre « 0 » et « 1 ».

a même opération est répétée « L » fois pour obtenir « $2L$ » nouveaux chromosomes générés. L'opération de mutation est faite pour les chromosomes obtenus pour passer à $2L$

chromosomes mutés. C'est-à-dire le nombre généré y_1 est muté pour obtenir z_1 qui est calculé mathématiquement comme suit:

$$z_1 = r_1 \cdot y_1 \quad (\text{III.3})$$

Où r_1 est un nombre aléatoire entre « 0 » et « 1. »

Donc le nouveau groupe de chromosomes obtenus après croisement et mutation est $[z_1, z_2, \dots, z_{2L}]$

Parmi les $2L$ valeurs obtenues après les opérations génétiques « L » valeurs seront sélectionnés par la loi de la roulette [Gop-07]

III.3.1 Model mathématique

Le processus de contournement des isolateurs pollués a été soigneusement étudié par plusieurs recherches. Le modèle le plus simple est celui développé par Obenaus qui consiste à un arc qui saute la zone sèche et la résistance de la zone mouillée de la pollution en série. En appliquant la loi d'ohm sur le circuit de la figure III-1

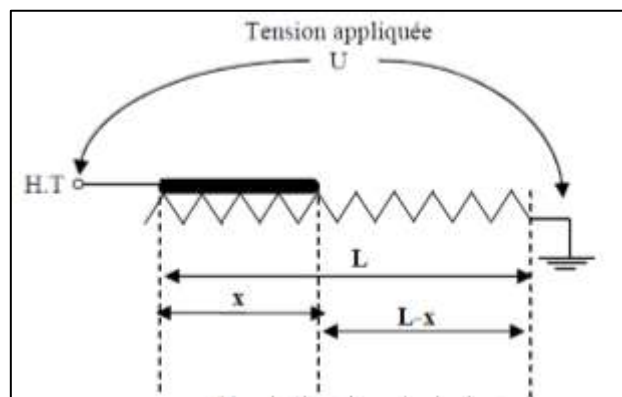


Figure III.1 : Circuit électrique équivalent du model d'Obenaus

Donc la tension aux bornes de l'isolateur sera:

$$U = xAI^{-n} + (L-x)R_p I \quad (\text{III.4})$$

Où :

AI^{-n} : est la tension de l'arc

$(L-x) R_p I$: est la tension dans la couche de pollution

x : La longueur de l'arc

L : La ligne de fuite de l'isolateur

RP : La résistance par unité de longueur de la couche de pollution

I: Le courant de fuite

A et n sont les constantes de l'arc

La mesure de la résistance Rp de la zone humide est très compliquée. Donc on peut la substituer à la conductivité σ_p de la couche de pollution:

$$\sigma_p = \frac{1}{R_p} F_i \dots \dots \dots (III. 5)$$

Fi: est le facteur de forme de l'isolateur qui est donné par

$$F_i = \int_0^L \frac{1}{\pi D(l)} dl \dots \dots \dots (III. 6)$$

Où D(l) est le diamètre de l'isolateur qui varie selon la ligne de fuite [Kuf-00].

La condition critique de la propagation de la décharge le long de la surface de: l'isolateur pour causer le contournement est:

$$\frac{dI}{dx} > 0 \dots \dots \dots (III. 7)$$

Et le voltage sous cette condition critique devient:

$$U_{C=x_c} A I_c^{-n} + (L - x) k R_p I_c \dots \dots \dots (III. 8)$$

Ici le coefficient k est ajouté pour valider la relation (III-4) à l'instant critique du contournement. Wilkins a introduit ce coefficient pour modifier RP la résistance de la couche de pollution en considérant la concentration du courant au point du pas de l'arc, une formule simplifiée pour le calcul de k pour les isolateurs cap-and-pin

$$K = 1 + \frac{L}{2\pi F(L-x)} \ln \frac{L}{2\pi F \sqrt{\frac{I_c}{1.45\pi}}} \dots \dots \dots (III. 9)$$

A la condition critique, la longueur de l'arc prend la valeur

$$X_C = \frac{1}{n+1} L \dots\dots\dots (III.10)$$

Après une analyse du système d'équations au moment du contournement le courant critique devient

$$I_{c=} (\pi D_r \sigma_\rho A)^{\frac{1}{n+1}} \dots\dots\dots (III.11)$$

Et la tension critique :

$$U_{c=} \frac{A}{n+1} \cdot (L + \pi \cdot n \cdot D_m \cdot F \cdot k) \cdot (\pi \cdot A \cdot D_m \cdot \sigma_\rho)^{\frac{-n}{n+1}} \dots\dots\dots (III.12)$$

Où D_r est le diamètre de l'isolateur. L'équation(III.12) fournit la valeur critique de la tension au moment du contournement en fonction des dimensions de l'isolateur (D_r et L), les constantes de l'arc A , n et la pollution σ_ρ pendant que F et k sont aussi fonction des dimensions de l'isolateur

Evidemment la tension critique peut être calculée après la détermination des constantes de l'arc. Ce sont les paramètres inconnus du modèle

III.3.2 Détermination des constantes de l'arc « A » et (n):

La plupart des travaux sur les isolateurs pollués ont utilisé des constantes caractéristiques de l'arc « A » et « n » pour différentes atmosphères en supposant que la décharge se propage à travers une atmosphère humide ou bien dans la vapeur de l'eau. Gonos et Topalis [Gon-02] ont proposé $A=124.8$ et $n=0.409$, ces valeurs peuvent converger vers de bons résultats pour la plupart des problèmes. Farzaneh [Zha-00] a recommandé une combinaison $A=208.9$ et $n=0.449$ sur une surface recouverte de glace en utilisant un échantillon triangulaire. Ghosh et Chatterjee [Gho-95] ont trouvé que les valeurs de « A » et « n » dépendent des polluants chimiques. Zegnini [Zeg-07] a montré en utilisant l'équation d'Ayrton, que la variation de la longueur de l'arc a un effet considérable sur ces constantes. M ElA. Slama et al de leur tour ont montré que ces caractéristiques ne sont pas statiques et ont une relation avec les paramètres du circuit équivalent et des caractéristiques thermique de la décharge

D'où cette divergence dans les valeurs proposées pour les constantes « A » et « n » (tableau III.1)[Sla-10]

Tableau III.1 : les valeurs proposées pour les constantes « A » et « n »

Auteurs	La constante « A »	La constante « n »
<i>Alston and Zoledziowski</i>	63	0.760
<i>Wilkins</i>	63	0.760
<i>Rahal</i>	220	0.310
<i>Claverie</i>	100	0.500
<i>Hampton</i>	530	0.240
<i>Obenaus</i>	100	0.700
<i>Renyu</i>	138	0.690
<i>Farzaneh</i>	208.9	0.449
<i>Ghosh</i>	360	0.590
<i>Topalis</i>	131.5	0.374

Dans ce travail on a construit une base de données à partir des résultats des travaux de plusieurs chercheurs dans ce domaine et on a essayé de proposer des valeurs pour « A » et « n » en résolvant l'équation issue du modèle d'Obenaus par une méthode numérique qui est l'algorithme génétique

Application à l'estimation de la tension de contournement

Considérons le problème d'optimisation pour maximiser la fonction

$$Fg = 1 - \sum_{i=1}^{196} |U_{ci} - f_i(A, n)|$$

Bien sûr la valeur maximale de Fg correspond à la valeur minimale de

$$\sum_{i=1}^{196} |U_{ci} - f_i(A, n)|$$

Ce que mène à déterminer A et n qui vérifient cette condition cette opération donc à pour but de déterminer les constantes de l'arc A et n. Dans la littérature on trouve que « A » varie entre « 0 et 500 », et « n » entre « 0.01 et « 0.9 »

Les nombres entre « 0 et 1 » à un pas de 0,001 pour n et entre « 0 et 500 » à un pas de 0,01 pour A, sont traités comme des chromosomes utilisés dans

les algorithmes génétiques. C'est-à-dire on a utilisé des chromosomes flottants une population d'une taille de 20 chromosomes survit dans chaque génération, un croisement arithmétique est utilisé comme opérateur génétique et l'opération de mutation n'est pas utilisée

dans cet exemple, la sélection par roulette est appliquée pour chaque génération et le nombre d'itération. Les valeurs expérimentales sont données par le tableau suivant [Asi-10]

Tableau III.2 : . Les valeurs expérimentales

Type	L (cm)	D (cm)	F	C (mg/cm ²)	Uc (KV)
Type 1	27.9	25.4	0.68	0.13	12
	27.9	25.4	0.68	0.16	11.1
	27.9	25.4	0.68	0.23	8.7
	27.9	25.4	0.68	0.34	7.5
	27.9	25.4	0.68	0.49	6.2
	27.9	25.4	0.68	0.55	6.1
Type 2	30.5	25.4	0.70	0.02	22
	30.5	25.4	0.70	0.05	16
	30.5	25.4	0.70	0.1	13
	30.5	25.4	0.70	0.16	11
	30.5	25.4	0.70	0.22	10
Type 3	43.2	25.4	0.92	0.05	19
	43.2	25.4	0.92	0.1	15
	43.2	25.4	0.92	0.16	13
	43.2	25.4	0.92	0.22	12
	43.2	25.4	0.92	0.3	10.5
Type 4	43.2	22.9	1.38	0.02	23.5
	43.2	22.9	1.38	0.03	20.9
	43.2	22.9	1.38	0.04	19.4
	43.2	22.9	1.38	0.05	18.3
	43.2	22.9	1.38	0.06	16.9
	43.2	22.9	1.38	0.1	15.8
	43.2	22.9	1.38	0.2	13.6

Où : L : Longueur de la ligne de fuite

D : Diamètre moyen de l'isolateur

F : Facteur de forme

C : La DDSE (Densité de Dépôt de Sel Equivalente)

Uc : La tension critique de contournement

III.4 L'application donne les résultats de « A » et « n »

Tableau III.3 : application les résultats

TYPE	La constante « A »	La constante « n »
Type 1	60.252	0.6882
Type 2	61.3636	0.6873
Type 3	66.1939	0.5079
Type 4	68.9184	0.3682

Tableau III

- **TYPE 1**

La figure(III.2) donne une idée sur la convergence de l'algorithme génétique:

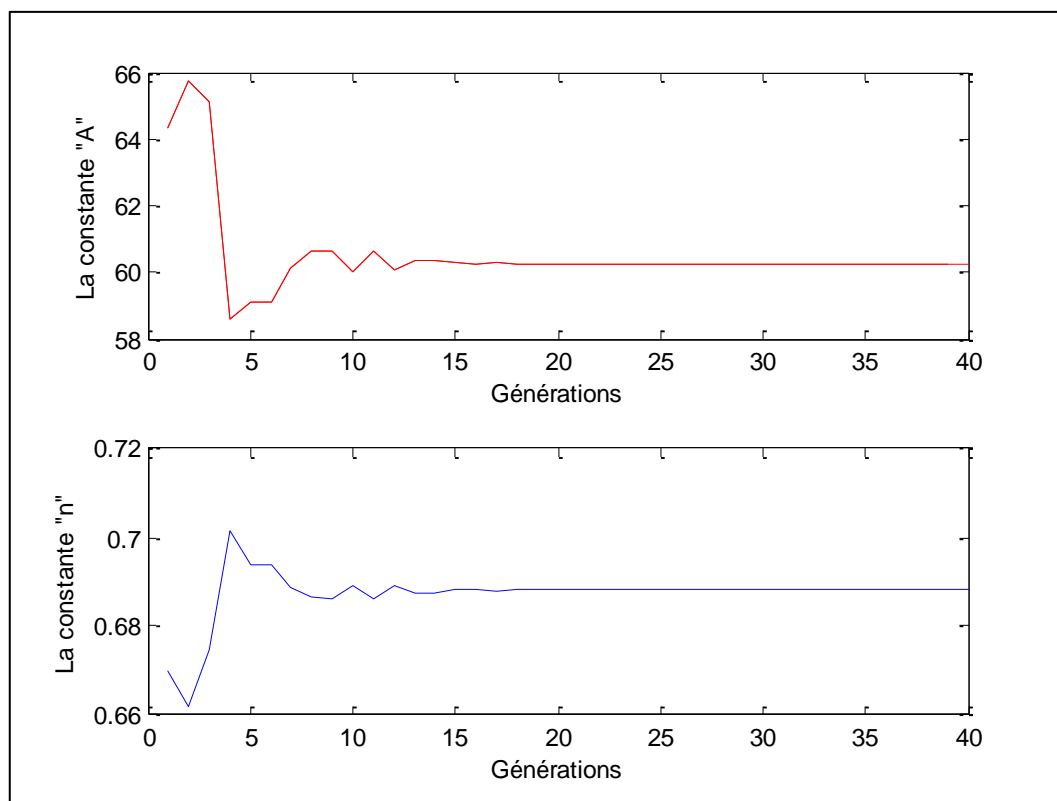


Figure III.2 : convergence des constantes de l'arc

La figure (III.3) montre que les courbes des valeurs empiriques et celle estimées par l'AG:

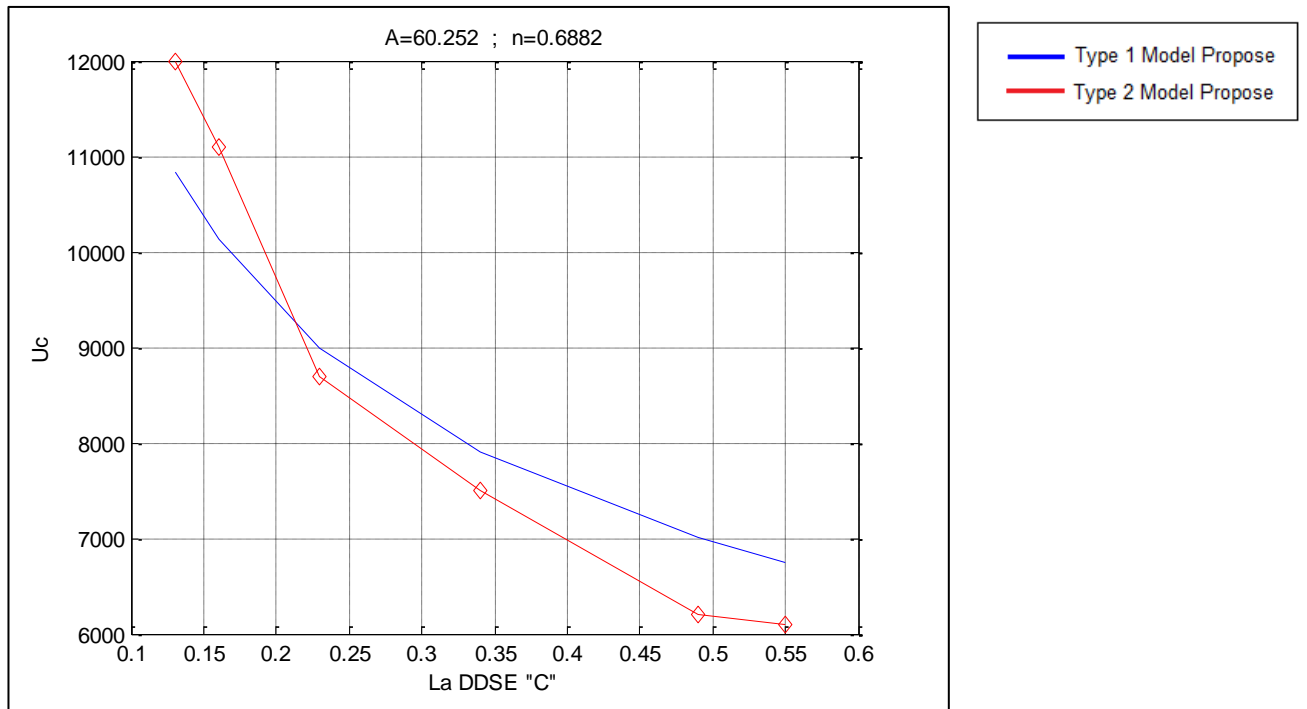


Figure III.3 :Variation La tension critique

- **TYPE 2 :**

La figure(III.4) donne une idée sur la convergence de l'algorithme génétique:

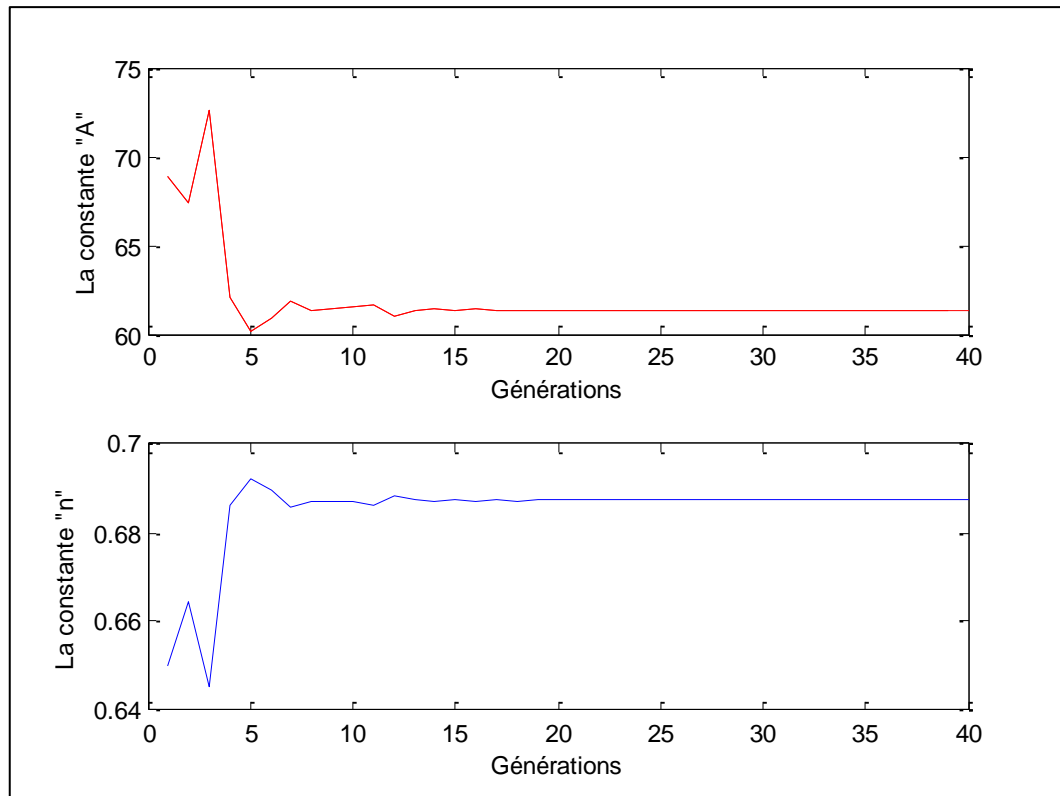


Figure III.4 : convergence des constantes de l'arc

La figure (III.5) montre que les courbes des valeurs empiriques et celle estimées par l'AG:

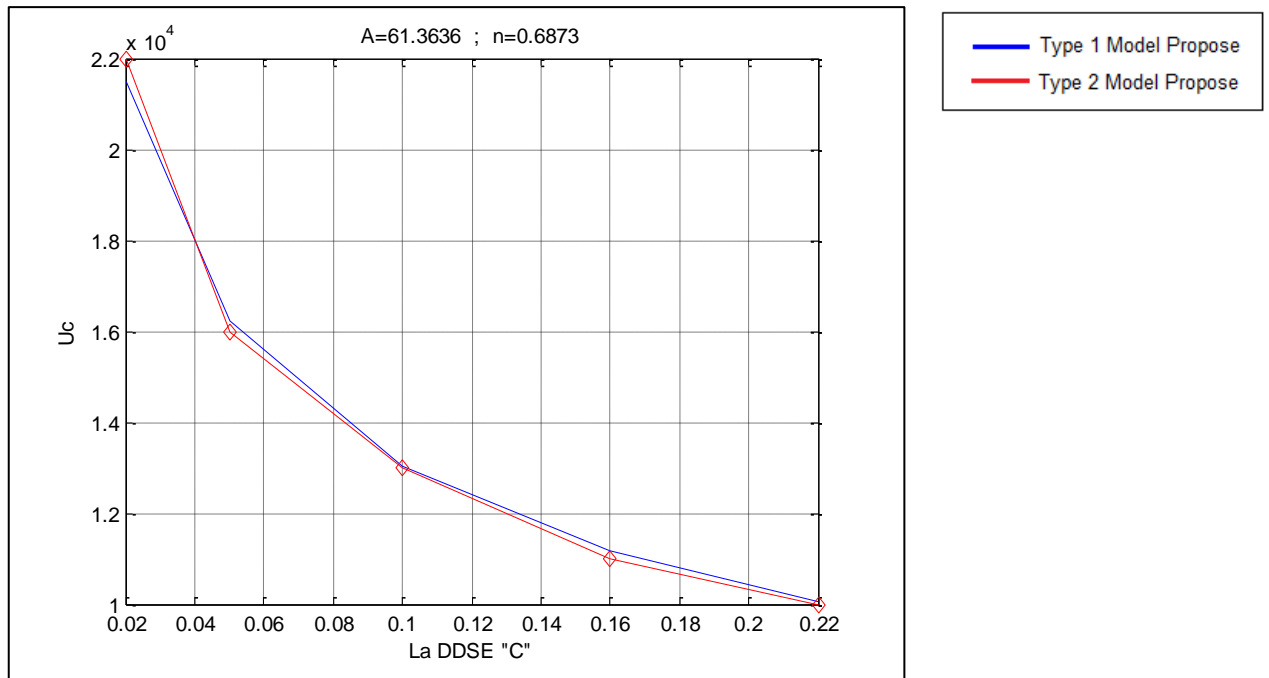


Figure III.5 : Variation La tension critique

- **TYPE 3:**

La figure(III.6) donne une idée sur la convergence de l'algorithme génétique:

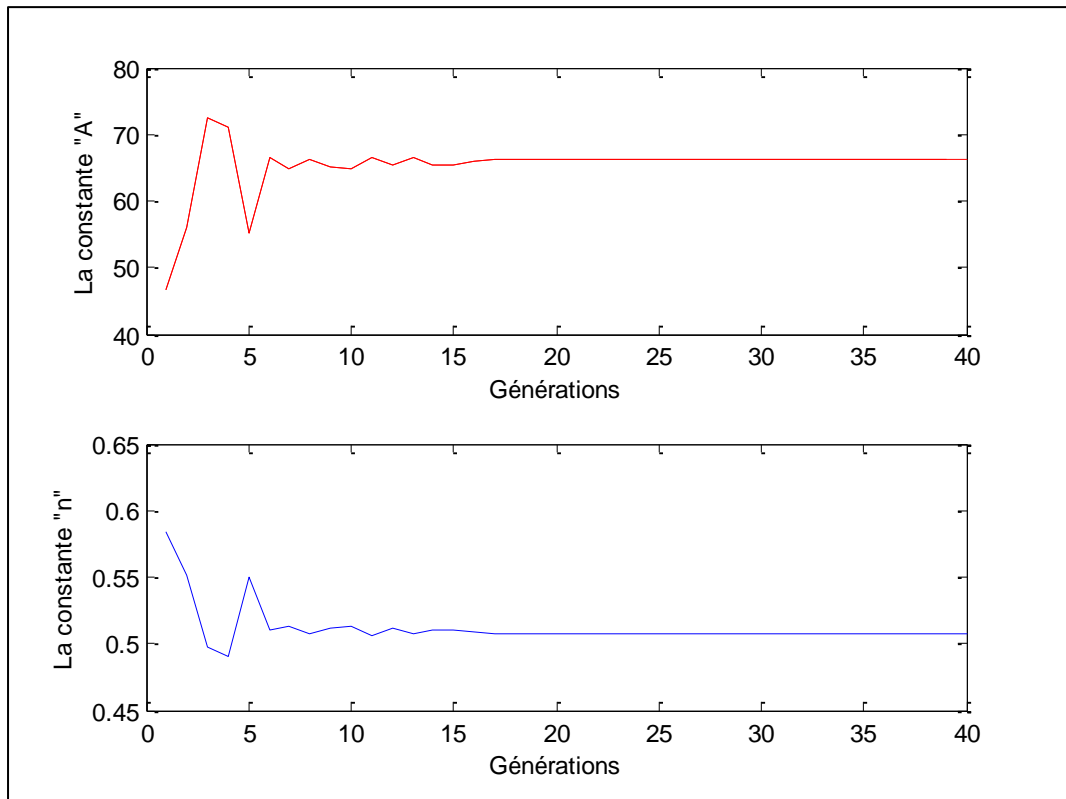


Figure III.6 : convergence des constantes de l'arc

La figure (III.7) montre que les courbes des valeurs empiriques et celle estimées par l'AG:

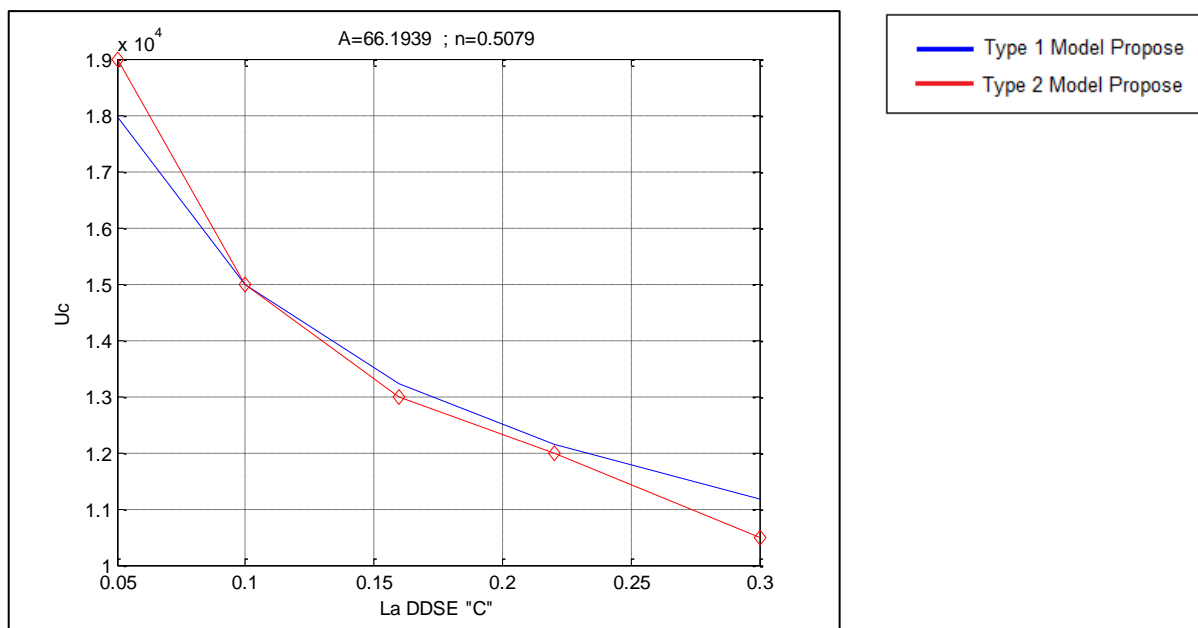


Figure III.7: Variation La tension critique

- **TYPE 4:**

La figure(III.8) donne une idée sur la convergence de l’algorithme génétique:

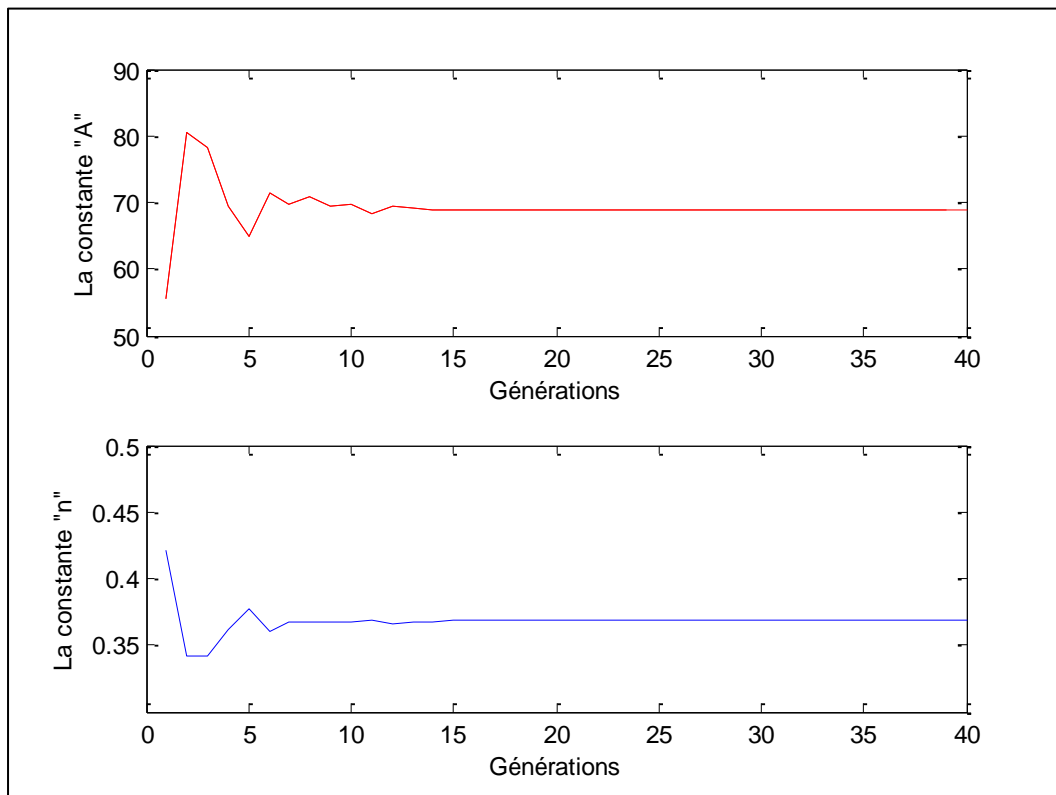


Figure III.8 : La tension critique en fonction de la DDSE

La figure (III.9) montre que les courbes des valeurs empiriques et celle estimées par l'AG:

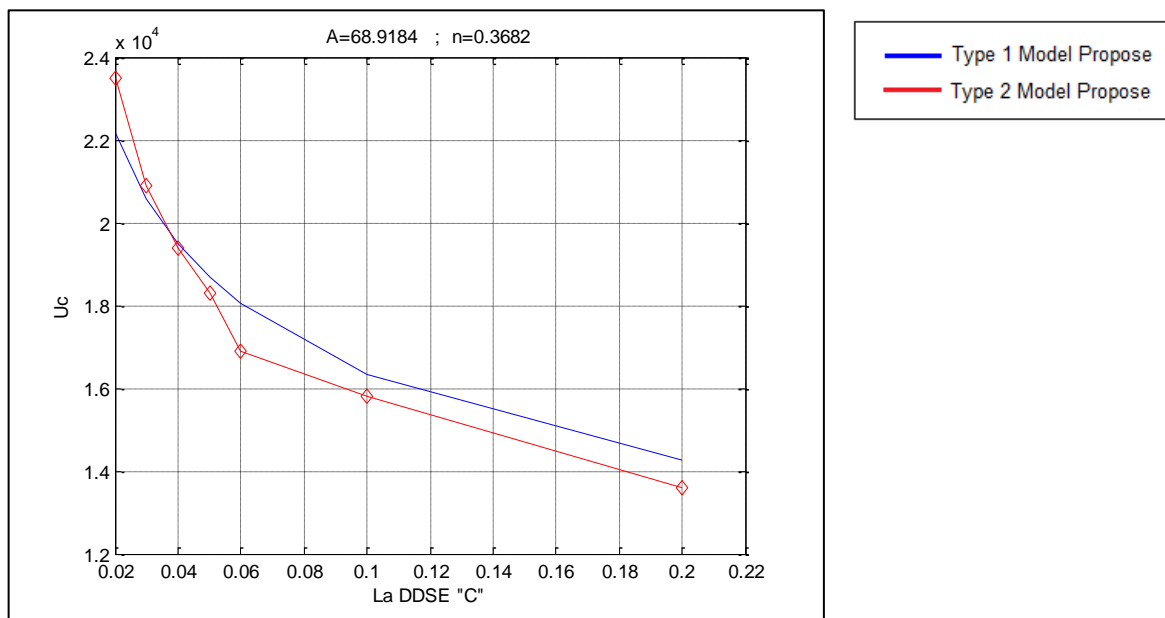


Figure III.9 : Variation La tension critique

On constate que le model proposé est en parfaite concordance avec celui de Gonos dans plusieurs points, il donne une estimation moins précise dans d'autres points, et dans le reste des points il donne une estimation meilleure. Donc on peut dire que l'application des algorithmes génétiques pour la détermination des constantes de l'arc donne de bons résultats et est efficace dans ce genre de problèmes

III.5 Conclusion

technique de l'intelligence artificielle ont été utilisées est l'algorithme génétique et a été utilisée pour déterminer les constantes de l'arc « A » et « n », où on a utilisé les valeurs des constantes trouvées par la première méthode pour construire la base de donnée pour l'apprentissage du afin d'estimer la tension de contournement d'un isolateur HT pollué. La validité des résultats obtenus montre que ces méthodes ont été appliquées avec succès et que leur utilisation dans ce domaine peut donner un plus aux recherches visant à limiter le défaut du contournement et améliorer le bon fonctionnement des isolateurs dans le domaine de la haute tension

Conclusion Générale

L'exposition du matériel isolant à des différentes conditions environnementales est inévitable dans tous les systèmes énergétiques. Donc ils sont le siège de dépôt de pollution, cette contrainte est reconnue comme étant le facteur majeur à l'origine des défauts enregistrés sur les lignes aériennes.

La coexistence du duo, la pollution (naturelle et/ou industrielle) et l'humidité (rosée, brouillard ou la pluie) est une condition défavorable à l'isolateur. La présence de particules électrolytes avec l'humidité peut former un film fin avec conductibilité élevée sur la surface de l'isolateur. Cette couche réduit la résistance de la surface et conduit à un courant de fuite. Le résultat de ce courant est l'échauffement ohmique de la surface et création d'une bande sèche, cette dernière une fois formée, des décharges partielles peuvent apparaître et si la tension et le courant de fuite arrivent à une certaine valeur critique, le phénomène de contournement peut apparaître.

La compréhension de ce phénomène est d'un intérêt majeur pour sa réduction. Plusieurs travaux ont essayé de modéliser ce phénomène notamment le modèle mathématique proposé par Obenaus qui se base sur une décharge de longueur x en série avec une résistance $R(x)$ caractérisant la couche polluante.

Ce model présente quelques lacunes notamment les deux constantes A et n qui n'ont pas jusqu'à aujourd'hui des valeurs bien précises.

Le développement de l'outil informatique à permet aux méthodes numériques de prendre leurs places dans ce domaine d'investigations, notamment les AG

L'AG a été utilisé dans ce travail principalement pour la détermination des constantes de l'arc en ce basant sur le model d'Obenaus et les valeurs expérimentales de la tension de contournement.

Bibliographie

- [Obe-58] Obenaus F., «Fremdshichtuberschlag und Kriechweglang», « Deutch Elektrotechnik », Vol. 4, P. 135-136, 1958
- [Kim-07] S. D. Kimbakala « Modélisation dynamique des décharges se propagent sur des surfaces isolantes polluées avec des dépôts discontinues sous différentes formes de tension » Thèse de Doctorat, Ecole doctorale de Lyon, 2007
- [Hol-75] J.H. Holland, “Adaptation in Natural and Artificial Systems, Ann Arbor”: The University of Michigan Press, USA, 1975
- [Bac-96] T. Back, “Evolutionary Algorithms in Theory and Practice”: Evolution Strategies, Evolutionary Programming, Genetic Algorithms (Hardcover), Oxford University Press, USA, 1996
- [Whi-93] D. Whitley, Foundations of Genetic Algorithms 2, US Edition, California, USA, 1993
- [Fog-66] L. Fogel., A.J. Owens, M.J. Walsh, “Artificial Intelligence through Simulated Evolution”, Wiley, Chichester, UK, 1966
- [Rec-65] I. Rechenberg, “Cybernetic Solution Path of an Experimental Problem”, Royal Aircraft Establishment Library Translation, Farnborough, U.K, 1965
- [Kon-06] V.T. Kontargyri, A.A. Gialketsi, G.J. Tsekouras, I.F. Gonos, I.A. Stathopoulos “Design of an Artificial Neural Network for the Estimation of the Flashover Voltage on Insulators” National Technical University of Athens, pp. 1532-1540, December 2006
- [Gop.E-07] E.S. Gopi “Algorithm Collections for Digital Signal Processing Applications Using Matlab” Springer, 2007
- [Kuf-00] E. Kuffel, W.S. Zaengl, J. Kuffel “High Voltage Engineering Fundamentals” Second edition, published by Butterworth-Heinemann, 2000
- [Gon-02] I.F. Gonos, F.V. Topalis and LA. Stathopolos “Genetic Algorithm Approach to the Modelling of Polluted Insulators” IEE, pp. 373-376, May 2002
- [Asi-10] G.E. Asimakopoulou V.T. Kontargyri G.J. Tsekouras, Ch.N. Elias F.E. Asimakopoulou, I.A. Stathopoulos “A fuzzy logic optimization methodology for the estimation of the critical flashover voltage on insulators” National Technical University of Athens, Published in IET Science, pp 580-588, 2010.
- [Zha-00] J. Zhang and M. Farzaneh “Propagation of AC and DC Arcs on Ice Surfaces”, IEEE, vol7, pp. 269-276, 2000

- [Zeg-07] B. Zegnini “ Etude du phénomène de contournement des surfaces contaminées sous tension alternative : application à l’étude de la tenue des isolateurs HT dans leur environnement naturel ” Thèse doctorat Es Sciences en électrotechnique option : matériaux isolants , USTOMB ,13 mars 2007
- [Gho-95] P. S. Ghosh and N. Chatterjee “Polluted Insulator Flashover Model for AC Voltage”University, Calcutta, India.IEEE,vol2, pp.128-136, 1995
- [Sah-10] Z. Sahli, et al. « Prediction parameters of dimensioning of insulators under non-uniform contaminated conditions by multiple regression analysis », *Electr. Power Syst. Res.* (2010), doi:10.1016/j.epsr.2010.11.017

ملخص

و كل خلل في هذه العوازل يؤدي إلى خسائر مادية معتبرة بسبب العدد المتزايد من الصناعات التي تتطلب مصدرا ، تمثل عوازل التوترات العالية مكونة مهمة من أنظمة نقل الطاقة الكهربائية للطاقة الكهربائية بدون انقطاع

زيادة قيم التوترات في أنظمة نقل الطاقة الكهربائية زيادة زاد من أهمية الأبحاث الجارية على عوازل التوترات العالية. فانصب الباحثون على محاولة إيجاد نموذج لشرح سلوك و الميكانيزمات . الذكاء الاصطناعي ، الفيزيائية لظاهرة الالتفاف في العوازل و من بين التقنيات المستعملة في هذا المجال النماذج الرياضية الموجودة حاليا التي تحاكي بدقة ظاهرة الالتفاف و السبب في ذلك هو تعريف ثابتا القوس الكهربائي الذي يظهر في المناطق الجافة عندما يصل التوتر إلى القيمة الحرجة أولا يقدم هذا العمل طريقة تحسين تعتمد على الخوارزميات الجينية من أجل تحديد ثابتا القوس الكهربائي باستعمال قيم تجريبية أخذت على عوازل ملوثة طبيعية من أجل هذا استعملنا نموذج اوبناوس للالتفاف على منطقة ملوثة و هو النموذج الأكثر استعمالا مما سمح بتحديد ثابتا القوس و من ثمة الحصول على نموذج يحاكي بدقة كبيرة النتائج التجريبية

الكلمات المفتاحية: التلوث - عوازل الجهد العالي - المراقبة - تقنيات الذكاء الاصطناعي- ، الخوارزميات الجينية-الالتفاف

Abstract

High voltage insulators form an essential part of the high voltage electric power transmission systems. Any failure in the satisfactory performance of high voltage insulators will result in considerable loss of capital, as there are numerous industries that depend upon the availability of an uninterrupted power supply. The importance of the research on insulator pollution has been increased considerably with the rise of the voltage of transmission lines. In order to determine the flashover behavior of polluted high voltage insulators and to identify to physical mechanisms that govern this phenomenon, the researchers have been brought to establish a modeling. Artificial intelligent techniques have been used by various researches for modeling and predictions in the field of energy engineering systems. The phenomenon of flashover in polluted insulators has not yet been described accurately through a mathematical model. The main difficulty lies in the definition of the constants of the arc, which is formed in the dry bands when the voltage exceeds its critical value. First this work present an optimisation method based on genetic algorithms for the determination of the arc constants, using experimental results from artificially polluted insulators. The well known model of Obenhaus for pollution flashover is used. This model results in a system of equations which cannot be solved with conventional arithmetic methods. The application of genetic algorithms enables the definition of the arc constants, resulting also in the calculation of the critical conditions at the beginning of the pollution flashover mechanism. In this way a mathematical model is established, which simulates accurately the experimental results

Keywords: pollution - high voltage insulators - monitoring - artificial intelligence techniques - genetic algorithms - convolution,.

Résumé

Les isolateurs HT constituent une partie essentielle des systèmes de transport de l'énergie électrique. Tout échec dans la performance de ces isolateurs mène à des pertes économiques considérables, à cause du nombre d'industries qui dépendent de la disponibilité d'une source d'énergie sans interruption. L'importance des investigations sur les isolateurs HT a augmenté avec l'augmentation de la tension des lignes de transport. Dans le but de déterminer le comportement du contournement des isolateurs pollués et d'identifier le mécanisme physique qui gouverne ce phénomène, les chercheurs ont essayé de le modéliser par plusieurs méthodes, notamment les techniques de l'intelligence artificielle. Les modèles mathématiques existants ne décrivent pas précisément le phénomène du contournement des isolateurs pollués et la principale cause reste la définition des constantes de l'arc qui apparaît au niveau des zones sèches, lorsque la tension dépasse la valeur critique. Premièrement ce travail présente une méthode d'optimisation basée sur les algorithmes génétiques (AG) pour la détermination des constantes de l'arc, en utilisant des résultats expérimentaux sur des isolateurs pollués artificiellement. Pour cela on a utilisé le modèle le plus connu d'Obenaus du contournement de la pollution. L'application de l'AG a permis de définir les constantes de l'arc d'où l'établissement d'un modèle qui simule avec grande précision les résultats expérimentaux

Mots clés : pollution - isolateurs haute tension - surveillance - techniques d'intelligence artificielle - algorithmes génétiques - convolution,