



UNIVERSITE
ECHAÏD HAMMA
LAKHDAR EL-OUED

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ECHAÏD HAMMA LAKHDAR EL-OUED
UEHLE (ALGERIE)



UNIVERSITE
ECHAÏD HAMMA
LAKHDAR EL-OUED

FACULTE DE TECHNOLOGIE

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du Diplôme de
MASTER EN ELECTROTECHNIQUE

Département : Génie Électrique

Option : Réseaux électriques

Thème:

***PREDICTION DE LA TENSION DE CONTOURNEMENT PAR
L'APPROCHE D'OPTIMISATION DES ALGORITHMES
GENETIQUES (AG)***

Présenté par :

- SADANI Mohammed Laid
- KHALEF Zakaria Abdallah
- KHICHA Miloud

Sous la direction de :

Dr : KHECHEKHOUCHE Ali

Année universitaire 2018-2019

Dédicace

À

*Ma très chère mère, qui représente pour moi
l'exemple du sacrifice du
dévouement, et de l'honnêteté.*

A toute la Famille

*A Tous mes Amies, chez lesquels j'ai trouvé
réconfort
et soutien dans les moments les plus pénibles
Que je dédie ce travail*

SADANI Mohammed Laid

Dédicace

À

Ma chère mère, et mon cher père, pour leur soutien moral et leur supplication afin de me faciliter ma tâche, en témoignage de la profonde affection que je leur porte et qui m'ont beaucoup soutenu durant toutes mes études.

À mes frères

À ma petite famille qu'est l'esprit de ma vie

À tous mes amis.

À tous ceux qui me sont proches et ceux qui ont contribué à ma formation qu'ils trouvent là toute ma reconnaissance.

KHELEF Zakaria Abdallah

Dédicace

À

Ma chère mère, et mon cher père, pour tout le mal qu'ils se sont donné afin de me faciliter ma tâche, en témoignage de la profonde affection que je leur porte et qui m'ont beaucoup soutenu durant toutes mes études.

À mes frères

A tous ceux qui me sont proches et ceux qui ont contribué à ma formation qu'ils trouvent là toute ma reconnaissance.

A tous mes amis.

KHICHA Miloud

Remerciement

Nous voulons d'abord remercier.

M. KHÉCHÉKHOUCHÉ ALI, mon

*Directeur de Recherche pour sa disponibilité,
ses précieux conseils et son soutien, qui m'ont
permis de mener à bien cette recherche.*

*Nous également remercier tous les enseignants
de notre département pour leur aide et leur
collaboration. Et tous qui ont participé à la
réalisation de ce travail*

Résumé

Le phénomène du contournement des isolateurs des lignes aériennes soumis à la pollution naturelle, est un problème majeur rencontré dans les réseaux de transport d'énergie électrique.

L'objectif principal de ce mémoire est d'appliquer l'approche des algorithmes génétiques (AGs) pour estimer les paramètres de l'arc pour les isolateurs pendant le contournement. Dans ce travail nous essayons d'utiliser les données expérimentales disponibles dans la littérature pour construire l'algorithme en question. On utilise par ailleurs quelques caractéristiques géométriques de l'isolateur à savoir le diamètre, la ligne de fuite, la hauteur, le facteur de forme et la densité de dépôt de sel équivalent (DDSE) conduise à l'évaluation de la tension critique de contournement.

Mots Clés : Isolateur, Pollution, Algorithmes Génétiques, Contournement, Estimation des paramètres.

Abstract

The phenomenon of bypassing insulators of overhead lines subject to natural pollution is a major problem encountered in power transmission networks.

The main objective of this thesis is to apply the approach of genetic algorithms (AGs) to estimate the parameters of the arc for insulators during circumvention. In this work we try to use the experimental data available in the literature to build the algorithm in question. In addition, some geometrical characteristics of the insulator, namely the diameter, the creepage distance, the height, the form factor and the equivalent salt deposition density (DDSE), are used to evaluate the critical bypass voltage.

Keywords: Isolation, Pollution, Genetic Algorithms, Workaround, Parameter Estimation.

SOMMAIRE

| | |
|-----------------------------|-----|
| Liste des figures | i |
| Liste des tableaux..... | ii |
| Liste des Symboles | iii |
| INTRODUCTION GENERALE | 1 |

CHAPITRE I

REVUE DE LITTIRATURES SUR PHENOMENE DE CONTOURNEMENT DES ISOLATEUR POLLUES

| | |
|--|----|
| I.1. Introduction | 3 |
| I.2. Phénomène de contournement des isolateurs pollués | 4 |
| I.2.1. Processus de contournement électrique | 4 |
| I.2.2. Diamètre de la décharge..... | 5 |
| I.2.3.Profil de l'isolateur | 6 |
| I.2.4.Diamètre moyen d'un isolateur réel | 8 |
| I.3. Modélisation théorique et expérimentale du phénomène de contournement | 10 |
| I.3.1.Modèles à base de circuits électriques | 10 |
| I.3.2.Modèle d'Obenaus..... | 10 |
| I.3.3.Modèle d'Alston et Zoledziowski | 11 |
| I.3.4.Modèle de Dhahbi et Beroual..... | 12 |
| I.4. Mécanisme de propagation..... | 13 |
| I.4.1. Propagation par ionization | 13 |
| I.4.2. Propagation par force électrostatique | 14 |
| I.5.Critères de propagation de la décharge | 15 |
| I.6.Conclusion..... | 16 |

CHAPITRE II

L'APPROCHE DES ALGORITHEMES GENETIQUES

| | |
|---|----|
| II.1.Introduction | 17 |
| II.2. Algorithme Génétique (AG) | 18 |
| II.2.1.Les outils évolutionnaires de base d'un (AG) | 18 |
| II.3.Opérateurs de l'algorithme génétique..... | 19 |
| II.3.1.Population initiale et codage des individus..... | 19 |

SOMMAIRE

| | |
|--------------------------------------|----|
| II.3.1.1.Codage binaire | 19 |
| II.3.1.2.Codage en base n | 20 |
| II.3.1.3.Codage réel..... | 20 |
| II.3.2.Opérateur de croisement | 20 |
| II.3.2.1.Croisement barycentre..... | 21 |
| II.3.2.2.Croisement Laplace..... | 21 |
| II.3.3.Opérateur de mutation | 22 |
| II.3.3.1.Mutation uniforme | 23 |
| II.3.3.2.Mutation non uniforme..... | 23 |
| II.3.3.3.Power mutation | 24 |
| II.3.4.Opérateur de sélection | 25 |
| II.4. Optimisation par (AG)..... | 26 |
| II.5. Concept de base de AG..... | 28 |
| II.6.Algorithme de principe | 28 |
| II.7.Conclusion: | 31 |

CHAPITRE III

ESTIMATION DES PARAMETRES DE L'ARC DE CONTOURNEMENT PAR L'APPROCHE AG

| | |
|---|----|
| III.1.Introduction..... | 32 |
| III.2.Estimation des paramètres de l'arc de contournement | 33 |
| III.3.Modèle Mathématique..... | 33 |
| III.4. Fonction objectif (Fitness) | 35 |
| III.4.1.Formulation du problème | 35 |
| III.5. Données expérimentales utilisées | 35 |
| III.6.Procédure d'optimisation pour AG..... | 36 |
| III.7. Détermination des constantes de l'arc | 37 |
| III.8.Les valeurs adoptées pour les paramètres de AG | 38 |
| III.9. Simulation de Méthode (AG) par MATLAB..... | 39 |
| III.10. Résultats de simulation et discussion | 41 |
| III.10.1. Résultats obtenus de AG..... | 41 |
| III.10.2. Validité des paramètres A et n | 41 |

SOMMAIRE

| | |
|--------------------------------|----|
| III.11.Conclusion | 44 |
| CONCLUSION GENERALES | 45 |
| REFERENCE BIBLIOGREPHIQUE..... | A |
| ANNEXES | I |

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Liste des figures

CHAPITRE I

- Figure I-1 : Les stades du contournement d'une surface polluée.
- Figure I-2 : Exemple de profil réel d'un isolateur .
- Figure I-3: Assimilation théorique d'un isolateur a un cylindre .
- Figure I-4 : Diamètre moyen des isolateurs IEEE et EPDM .
- Figure I-5 : circuit électrique équivalent .
- Figure I-6 : Modèle cylindrique utilisé par Alston et Zoledowski .
- Figure I-7:Schéma électrique équivalent à la propagation de la décharge .
- Figure I-8:Mécanisme de propagation par ionisation .
- Figure I-9:Mécanisme de propagation par force électrostatique .

CHAPITRE II

- Figure II-1 : Principe du croisement binaire en un poin.
- Figure II-2 : Densité de la distribution de Laplace pour $a=0$, $b=1$ et $b=0.5$.
- Figure II-3 : Principe de la mutation Binaire.
- Figure II-4: Densité de distribution en fonction de la valeur de p .
- Figure II-5 : Principe de la roue de loterie biaisée.
- Figure II-6 : Sélection par Tournoi.
- Figure II-7 : Organigramme général d'un algorithme génétique.
- Figure II-8: le schéma d'un algorithme génétique .

CHAPITRE III

- Figure III-1: Circuit équivalent pour l'évaluation de la tension de contournement.
- Figure III-2: Organigramme d'AG .
- Figure III-3: Evolution de la fonction fitness en fonction du nombre de générations en utilisant les méthodes AG.
- Figure III-4:Variation de la constante 'n' en fonction du nombre de générations.
- Figure III.5 Variation de la constante 'A' en fonction du nombre de générations.
- Figure III-6: Tension de contournement en fonction de la conductivité surfacique (profil 1)
- Figure III-7: Tension de contournement en fonction de la conductivité surfacique (profil 2)
- Figure III-8 : Tension de contournement en fonction de la conductivité surfacique (profil 3)

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Liste des tableaux

CHAPITRE III

Tableau-1: Les valeurs expérimentales pour différents types d'isolateurs.

Tableau-2: Les constantes « A » et « n ».

Tableau-3: les valeurs de A et n.

Tableau-4: optimisation par AG.

Liste des Symboles

- U_C : tension de contournement.
- L : Ligne de contournement.
- L_f : Ligne de fuite.
- F : Facteur de forme d'un isolateur.
- A, n : Constants de l'arc.
- X : Longueur de l'arc.
- U_m : Tension de mesure.
- R : Rayon.
- σ_s : Conductivité de la couche polluée.
- E_{arc} : Tension d'arc.
- D : Diamètre.
- R_p : Résistance de la couche de pollution.
- C_p : Capacité de la couche de pollution.
- ρ_p : Résistivité de la pollution.
- F_g : Fonction objectif.
- P_{mut} : Probabilité de mutation.
- P_c : Probabilité de croisement.
- N_g : Nombre de génération.
- P : Population.
- X_i : $i^{\text{ème}}$ chromosome (individu) dans la population P.
- $Popsizt$: nombre de chromosomes dans la population (la taille de population).
- $genemax$: nombre maximal de génération.
- P_s : Probabilité de sélection.
- E : L'espace de recherche.
- F_i : fonction d'adaptation du chromosome Xi.
- σ : Déviation standard de la population.
- K : Valeur qui varie en fonction des générations.
- P_i : Probabilité de survie de chromosome Xi.
- r : nombre réel aléatoirement sur l'intervalle $[0,1]$.
- P^t : génération 't'.
- P^{t+1} : nouvelle génération.

LISTE DES SYMBOLES

- H_1, H_2 : paramètres de même rang de deux parents.
- H'_1 et H'_2 : paramètres, de rang correspondant, des deux enfants obtenus.
- x_k : gène sélectionné.
- $\Delta(t, y)$: définit l'écart entre la nouvelle valeur et la valeur initiale du gène à muter.
- β : paramètre de l'opérateur.
- t : indice de la génération actuelle .
- T : indice de la génération pour laquelle l'amplitude de la mutation s'annule



INTRODUCTION

GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Les lignes aériennes et les postes des réseaux de transport d'énergie électrique sont exposés à diverses contraintes telles que la pollution des isolateurs. Celle-ci constitue l'un des facteurs de première importance dans la qualité et la fiabilité du transport d'énergie.

En effet par temps de pluie ou de brouillard, les dépôts polluants se fixant sur les surfaces isolantes réduisent considérablement la résistivité superficielle et le contournement peut alors survenir. L'humidification des couches polluantes facilite en fait, la circulation d'un courant de fuite sur les surfaces isolantes provoquant des échauffements locaux et par la suite l'assèchement de la couche de pollution. Ainsi, la répartition du potentiel est modifiée d'une façon significative et des arcs partiels peuvent apparaître. Ces derniers peuvent évoluer jusqu'au contournement total de l'isolateur. Les conséquences du contournement vont de la détérioration de la surface de l'isolateur à la mise hors service de l'équipement haute tension et par suite la continuité de service n'est plus assurée. Ainsi, une des caractéristiques principales d'un isolateur haute tension sera donc sa tenue au contournement en fonction de l'environnement dans lequel il est utilisé.

Plusieurs travaux expérimentaux et théoriques ont été consacrés pour expliquer le mécanisme conduisant au contournement des isolateurs pollués. Le but de ces travaux est qui se compose de trois chapitres:

Primaire chapitre: revue de littérature.

Deuxième chapitre: l'approche de l'algorithme génétique.

Troisième chapitre: estimation des paramètres de l'arc de contournement .

Est d'élaborer un modèle pouvant tenir compte des paramètres réels intervenant dans la génération et la propagation des arcs électriques sur les surfaces isolantes. Il s'agit en particulier de la forme des isolateurs, de la répartition des couches polluantes, de la résistivité des échanges thermiques, de la non-uniformité du mouillage, de l'intensité des arcs au voisinage de la surface isolante, de la formation d'arcs multiples et de la détermination de la tension de contournement.

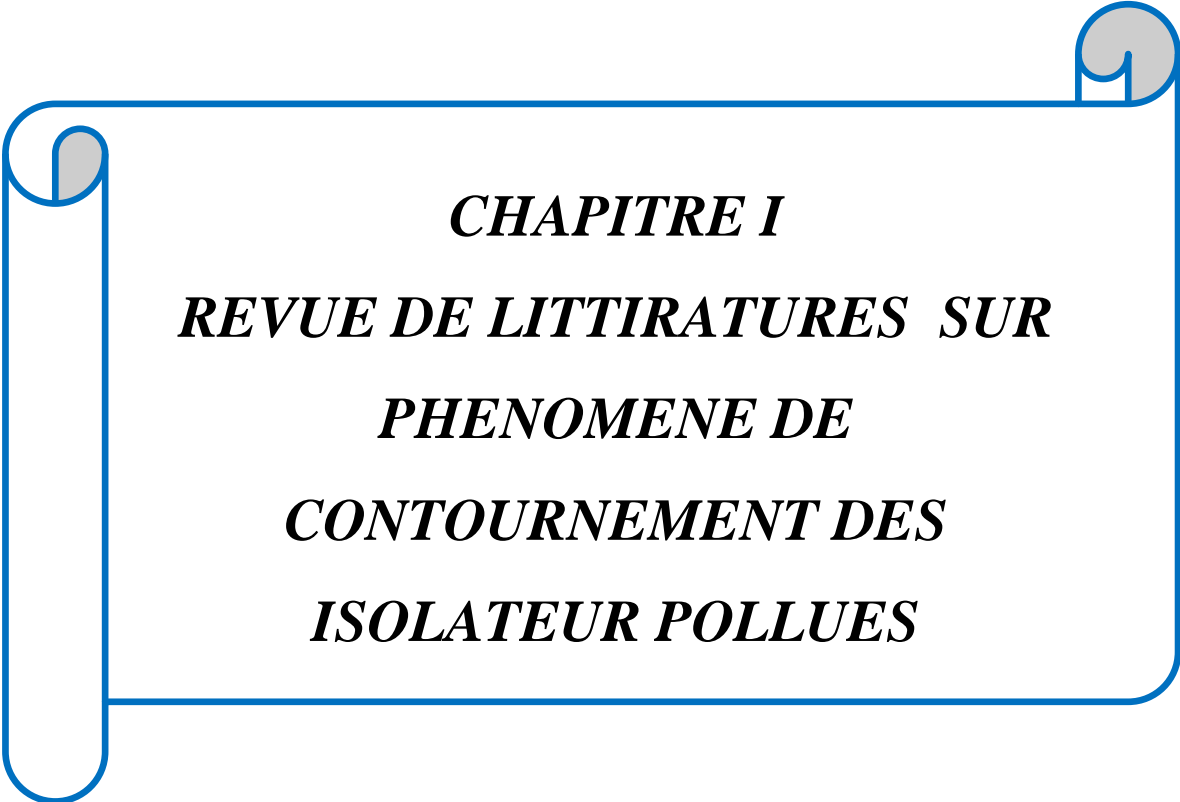
Le phénomène de contournement dans les isolateurs pollués n'a pas encore été décrit avec précision par un modèle mathématique. La difficulté principale est la définition des constantes

INTRODUCTION GENERALE

de l'arc, qui est formé dans les bandes sèches lorsque la tension est supérieure à sa valeur critique, pour la détermination des constantes de l'arc on a choisi la méthode d'optimisation qui est basée sur les algorithmes génétiques, en utilisant les résultats expérimentaux des isolateurs artificiellement pollués qui sera donnés en littérature. D'abord on utilise modèle de contournement d'un isolateur pollué qui est étudié par Obenhaus. Le modèle est écrit par des équations qui ne peuvent pas être résolus par des méthodes arithmétiques classiques.

L'application d'algorithmes génétiques permet la définition des constantes de l'arc, ce qui entraîne également dans le calcul des conditions critiques au début du mécanisme de contournement d'un isolateur pollué. De cette façon, un modèle mathématique est établi, qui simule avec précision les résultats expérimentaux.

Le travail sera terminé par une conclusion générale et perspectives.



CHAPITRE I
REVUE DE LITTIRATURES SUR
PHENOMENE DE
CONTOURNEMENT DES
ISOLATEUR POLLUES

I.1. Introduction:

Dans les lignes de haute tension, le dimensionnement des isolateurs est déterminé par la surtension de manœuvres. Dans ce cas, la tenue à la tension nominale à 50 Hz des isolateurs propres et secs est excellente. Cependant, en l'absence de surtension de foudre ou de manœuvres, de nombreux défauts sont enregistrés sur les lignes aériennes (contournement électrique, défaillance d'isolateurs, ...), particulièrement par temps humide (rosée, brouillard, pluie fine, ... etc.) [1].

Les éléments constituant les systèmes de transport d'énergie électrique sont exposés à diverses contraintes. Parmi celles-ci, la pollution des isolateurs constitue un des facteurs de première importance dans la qualité et la fiabilité du transport d'énergie. Les isolatrices hautes tensions se couvrent d'une couche de pollution qui provient de l'atmosphère. Associée à la rosée de matin, à la pluie, ou au brouillard, cette couche de pollution devient conductrice et sera le siège de passage d'un courant de fuite vers la masse des pylônes. Dans certaines conditions qui conduise il y aura l'apparition des décharges partielles sur la surface de l'isolateur qui s'allongent et mènent au contournement complet de l'isolateur. Nous avons présenté dans ce chapitre une étude bibliographique concernant, Le phénomène du contournement; Les différents modèles théoriques et expérimentaux trouvés dans la littérature et les principaux critères de propagation rencontrés pour la modélisation du phénomène de contournement.[2].

I.2. Phénomène de contournement des isolateurs pollués:

Le contournement des isolateurs pollués est un type du phénomène de contournement causé par le dépôt de pollution sur la surface d'un isolateur. Pour investiguer ce phénomène plusieurs test de contournement ont été fait sous des conditions de pollution naturelles ou artificielle (Stations de pollution ou laboratoires) [3].

La commission internationale d'électrotechnique (CEI) a déterminé les normes internationales de la pollution artificielle pour les tests des isolateurs sous pollution artificielle[4].

I.2.1. Processus de contournement électrique:

En général, le processus de contournement des isolateurs pollués peut se diviser en 4 étapes. [5]

❖ Dépôt de pollution:

La polluant sous forme de poussière se pose sur la surface de l'isolateur et forme aussi une couche de pollution.

❖ Humidification de la couche de pollution :

La résistance de la couche de pollution est très élevée lorsqu'elle est sèche. Donc la pollution ne cause pas la diminution des propriétés diélectrique de l'isolateur. Cependant, sous quelques conditions climatiques défavorables (brouillard, rosée, ... etc) ; la couche de pollution constituée essentiellement de particules solubles, peut être humidifiée et sa conductivité augmente. Il en résulte un courant de fuite qui va circuler à travers la couche de pollution figure (I-1.a).

❖ Formation de la bande sèche et apparition de l'arc local :

A cause de la forme de l'isolateur, la densité du courant sur la surface est généralement non uniforme [6]. Dans les régions où la densité du courant est élevée, l'effet thermique sera plus grand et une zone locale sèche apparaît dans cette région. Cette zone à une tendance à s'élargir jusqu'à la formation d'une bande sèche figure (I-1.b).

La bande sèche à une grande résistance, et la tension appliquée sera aux extrêmes de cette bande. Si la tension est suffisamment grande, on aura claquage de cette bande et un arc

apparaît le long d'elle. Au voisinage de la racine de ce local, la concentration du courant mène à l'élargissement de la bande sèche figure (I-1.c) [7]

❖ **Développement d'un arc et achèvement du contournement :**

Selon les conditions, la décharge surfacique évolue par ces différents moyens possibles :

- ✓ L'arc local peut s'éteindre figure (I-1.d)
- ✓ L'arc local se déplace latéralement pour trouver une position plus stable correspondante à une longueur d'arc plus petite figure (I-1.e)
- ✓ L'arc local s'étend longitudinalement jusqu'à ce qu'il atteigne les électrodes et cause ainsi un contournement complet figure (I-1.f)

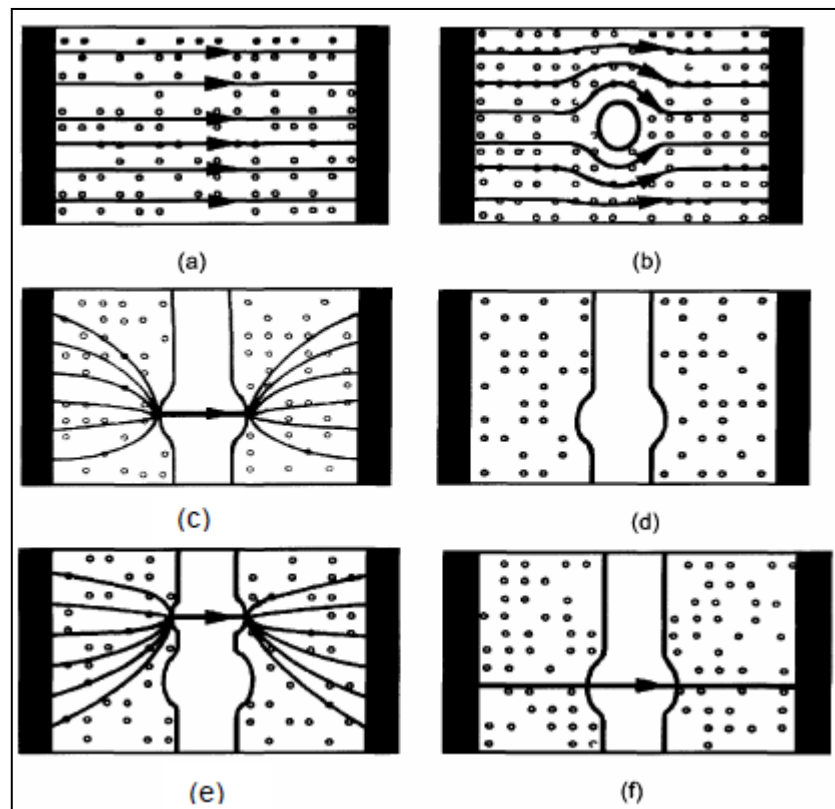


Figure I-1 : Les stades du contournement d'une surface polluée

I.2.2. Diamètre de la décharge:

Le diamètre du canal de la décharge est un paramètre important dont sa connaissance est indispensable à la l'élaboration de modèles et la compréhension du phénomène. Sa mesure est cependant très délicate car il n'est pas défini de façon unique. La partie lumineuse n'est pas

forcément identique à la partie qui assure la conductivité ou à la partie dans laquelle est répartie la charge d'espace. D'autre part, la décharge n'est pas un volume dont les frontières sont parfaitement nettes. Il est donc nécessaire de définir un diamètre équivalent.

Matsumoto et al. [8] ont développé un dispositif de mesures optiques composé d'un tableau de 512 photodiodes disposées à des intervalles de 28 mm. Ce dispositif leur a permis de mesurer avec une bonne précision le diamètre de la colonne de la décharge. Leurs observations montrent que le diamètre d_d (mm) de la décharge dépend de la polarité de la tension et du courant I (A) qui la parcourt. A cet effet, ils proposent une relation empirique liant le diamètre de la décharge et le courant :

$$d_d = a_p I^{b_p} \quad \text{I.1}$$

où I est le courant, d_d le diamètre. Les constantes a_p et b_p dépendant de la polarité appliquée à l'électrode haute tension avec :

$a_p = 14$ et $b_p = 0,78$ pour la polarité positive et $a_p = 22$ et $b_p = 0,78$ pour la polarité négative.

A partir de la mesure de la densité du courant pendant la propagation de la décharge, Wilkins [03] montre que le rayon de la décharge peut être estimé par :

$$r_d = \sqrt{\frac{I}{1.45\pi}} \quad \text{I.2}$$

Cette relation a été confirmée récemment par Farokhi [9] en effectuant les mesures optiques pour le cas d'isolateurs pollués avec du givre et il montre que le diamètre qui assure la conduction peut être approximé par la relation donnée par Wilkins.

I.2.3.Profil de l'isolateur:

Pour assurer sa fonction, le profil de l'isolateur doit satisfaire les conditions suivantes :

- ✓ Une longueur de fuite maximale.
- ✓ Un nombre optimum de nervures (pour une taille donnée de l'isolateur) qui permet d'avoir une tension de contournement plus élevée.
- ✓ Une géométrie de l'isolateur permettant le nettoyage naturel de l'isolateur par le vent ou par la pluie.

- ✓ Des diamètres de l'isolateur différents assurant une contamination non uniforme et donc des tensions de contournement plus élevées.

Pour tenir compte des deux premières conditions, Cheng et Nour [10] ont défini un paramètre ξ qui caractérise l'efficacité de la longueur de fuite. Ils ont démontré que pour le cas d'une symétrie cylindrique, ce paramètre est généralement fonction de la largeur de la rainure w_r , sa hauteur d_r et la distance r_r qui sépare la rainure et l'axe de symétrie de l'isolateur figure (I-2).

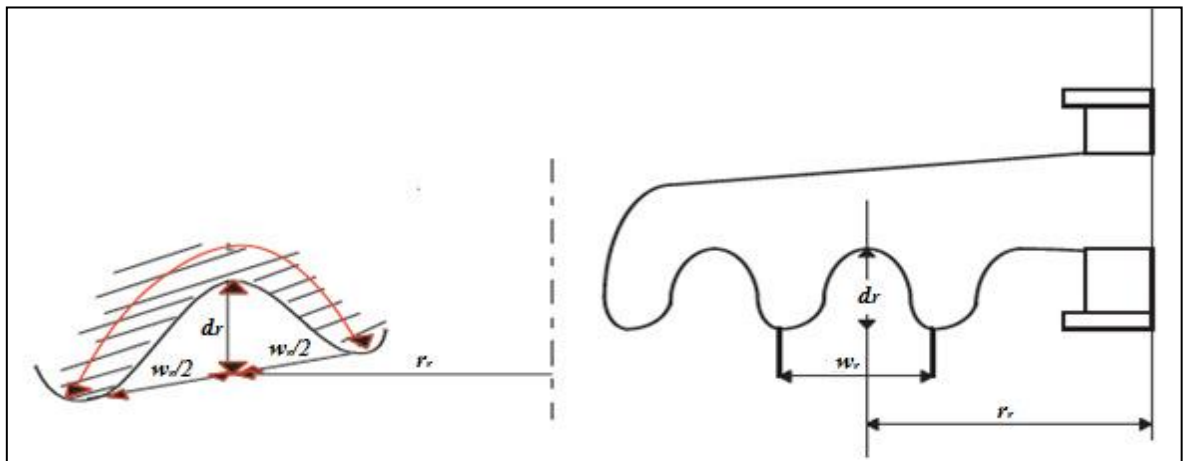


Figure I-2 Exemple de profil réel d'un isolateur

A partir de mesures expérimentales, ils ont déduit une relation empirique de la forme :

$$\xi_r = 1 - \exp\left(-\frac{k_c w_r}{d_r}\right) \quad \text{I.3}$$

où k_c dépend uniquement du niveau de contamination. La longueur de fuite effective sera :

$$L_{ff} = L_f \xi_r \quad \text{I.4}$$

Pour différentes formes d'isolateurs Claverie et Porcheron [11] ont donné des courbes de variation de R_p/ρ en fonction de la longueur de l'isolateurs et en on déduit une fonction $F_r(x)$ telle que :

$$R_P = \rho F_r(x) \quad \text{I.5}$$

$F_r(X)$ est appelée fonction de répartition de la couche de pollution, R_P et ρ sont respectivement la résistance et la résistivité volumique de la couche polluante.

I.2.4. Diamètre moyen d'un isolateur réel:

Si on assimile l'isolateur réel à un isolateur cylindrique qui a la même ligne de fuite L et la même résistance de la couche polluante e , on peut dire que le diamètre moyen du premier est aussi assimilable au deuxième. figure (I-3) [12]

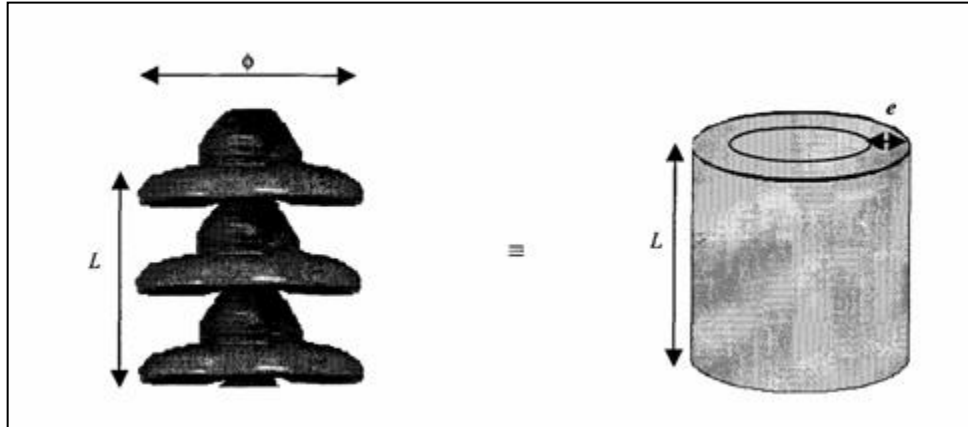


Figure I-3: Assimilation théorique d'un isolateur à un cylindre

Si on adopte l'assimilation de la figure (I-3), on peut écrire :

$$S = L\pi D \quad \text{I.6}$$

Où S est la surface latérale du cylindre, D est le diamètre, et L est la longueur du cylindre. Par conséquent, si on intègre D le long du profil de l'isolateur, on aura une approximation de son facteur de forme :

$$f = \int_0^L \frac{ds}{\pi D} \quad \text{I.7}$$

Où ds est l'abscisse curviligne d'un point de l'isolateur mesuré le long de son profil. Or, si on assimile la couche polluante à un film régulier d'épaisseur e et de résistivité volumique ρ , la résistance de l'isolateur sera:

$$R = \rho \int_0^L \frac{ds}{\pi D e} = \frac{\rho}{e} f \quad \text{I.8}$$

Donc, on peut dire que la résistance du cylindre équivalent est

$$R = \rho \frac{L}{\pi D e} \quad \text{I.9}$$

En conclusion, en assimilant l'isolateur réel a un isolateur cylindrique figure (I-3) ayant une même ligne de fuite LF et une même couche polluante, le diamètre moyen s'écrit :

$$D = \frac{L_f}{\pi f} \quad \text{I.10}$$

Pour les isolateurs de gros diamètre, on peut résumer le diamètre moyen comme suit :

$$D_x = \frac{D_f + D_e}{2}$$

$$D_m = \frac{2D_f + D_{e1} + D_{e2}}{2}$$

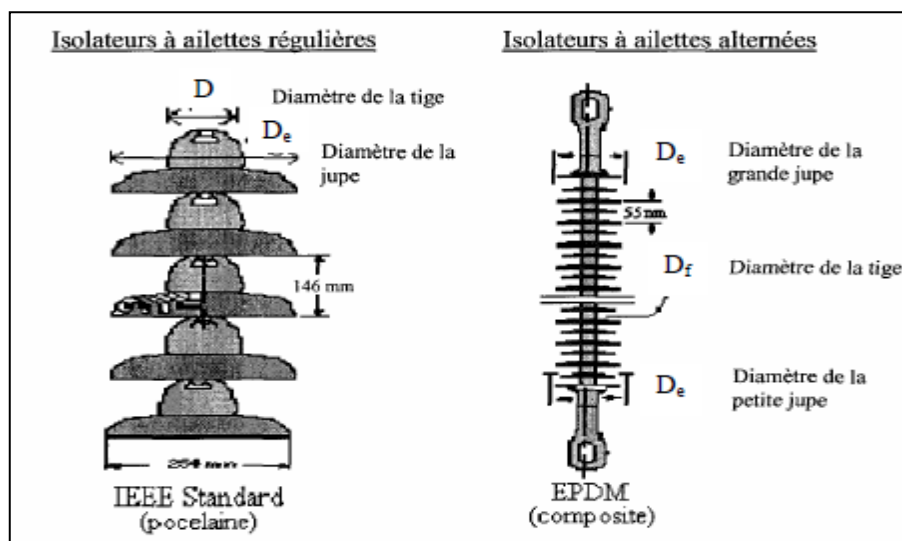


Figure I-4 Diamètre moyen des isolateurs IEEE et EPDM [13]

I.3. Modélisation théorique et expérimentale du phénomène de contournement:

I.3.1. Modèles à base de circuits électriques:

Les chercheurs utilisant cette technique considèrent que la décharge peut être représentée par un circuit électrique équivalent, statique en tension alternative pour les deux cas de pollution continue et discontinue. Pour une pollution continue et en basant sur le modèle d'Obenaus, son modèle permet d'avoir les différentes caractéristiques concernant le développement de l'arc électrique sur une surface isolante uniformément polluée.

I.3.2. Modèle d'Obenaus:

Le premier chercheur qui était à l'origine des premières analyses quantitatives des phénomènes d'arcs se produisant sur les surfaces isolantes planes, recouvertes d'une couche polluante, sous tension continue est Obenaus [14, 15, 16]. Partant d'un modèle type de circuit électrique équivalent, constitué d'un arc de longueur x en série avec une résistance R_p représentant la résistance de la pollution figure (I-5) où L représente la longueur de fuite totale, il en a déduit la tension d'arc

$$V_{arc} = \frac{AX}{I^n} \quad \text{I.11}$$

Où I est le courant de fuite, n et A les constantes de la caractéristique statique de l'arc.

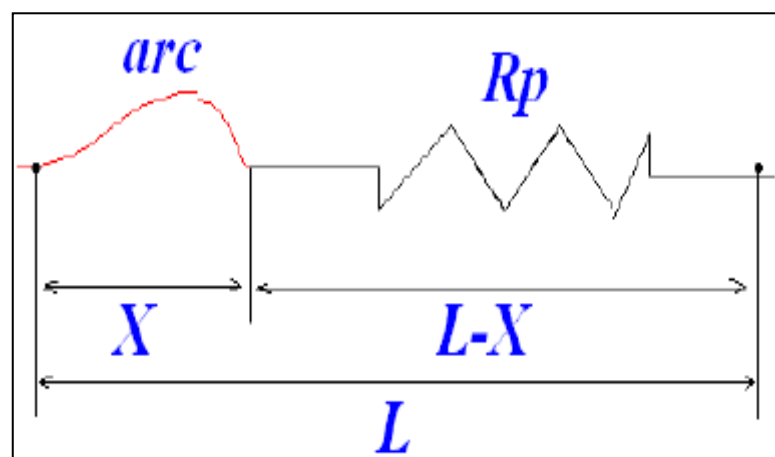


Figure. I-5 circuit électrique équivalent [16, 17]

En effet, en appliquant la loi d'Ohm à ce circuit, on peut écrire:

$$V = V_e + V_{arc} + R_P(X).I \quad \text{I.12}$$

Avec :

V : est la tension appliquée ;

V_e : la chute de tension totale aux bornes des électrodes; cette dernière dépend des conditions expérimentales.

$R_P(X)$: est la résistance de la couche polluée.

V_{arc} : la tension d'arc telle que :

$$V_{arc} = R_{arc}(X).I \quad \text{I.13}$$

R_{arc} : est la résistance d'arc par unité de longueur .

I : le courant qui traverse la couche polluée.

La décharge est caractérisée par la présence d'un champ électrique longitudinal E_a :

$$E_a = \frac{V_{arc}}{X} = A.I^{-n} \quad \text{I.14}$$

D'où l'équation

$$V_{arc} = A.X. I^{-n} \quad \text{I.15}$$

Ainsi, on obtient l'équation de la tension totale appliquée au système

$$V = V_e + A.X. I^{-n} R_P(X).I \quad \text{I.16}$$

Les valeurs des paramètres n et A dépendent du milieu dans lequel brûle la décharge.

$$0.40 \leq n \leq 1 \text{ et } 3 \leq A \leq 500$$

I.3.3. Modèle d'Alston et Zoledziowski:

En tenant compte de l'hypothèse de Neumarker [18] et pour une tension d'application dépassant quelques kilovolts, Alston et Zoledziowski [19] ont déterminé la condition de maintien de l'arc électrique, dans le cas d'un isolateur cylindrique de longueur L figure (I-6):

$$U_{CX} = (n + 1)(Ax)^{\frac{1}{n+1}} \left(\frac{r(L-x)}{n} \right)^{\frac{n}{n+1}} \quad \text{I.17}$$

avec

x : la longueur d'arc.

A et n : les constantes empiriques qui caractérisent l'état statique de l'arc.

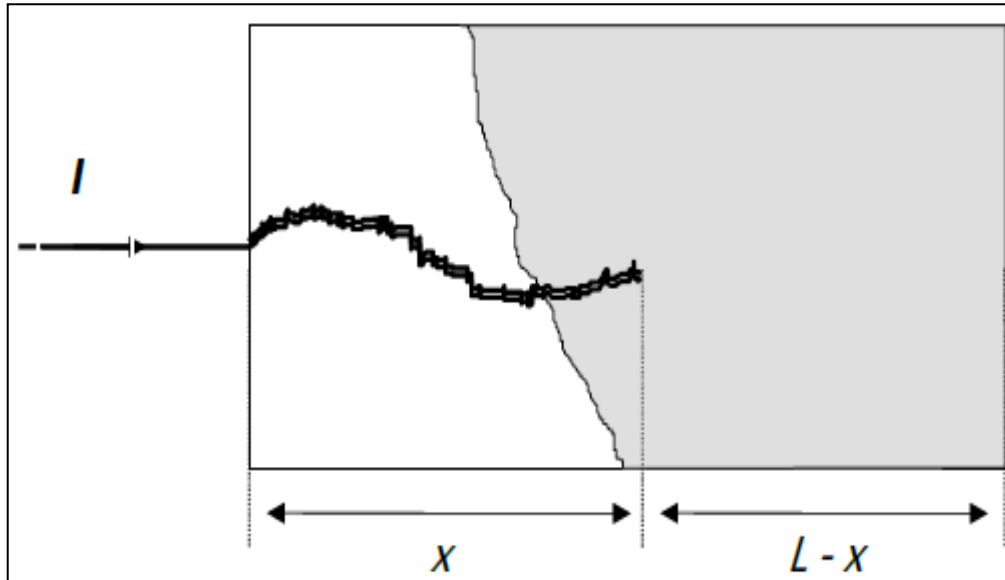


Figure I-6 : Modèle cylindrique utilisé par Alston et Zoledowski

I.3.4. Modèle de Dhahbi et Beroual:

Ces deux chercheurs [20,21] considèrent que la décharge peut être représentée par un schéma électrique équivalent comme l'indique la figure (I-7) Sachant que pour chaque saut de l'arc, on obtient une nouvelle cellule ayant les paramètres suivants : Ri, Ci, Li et Ui.

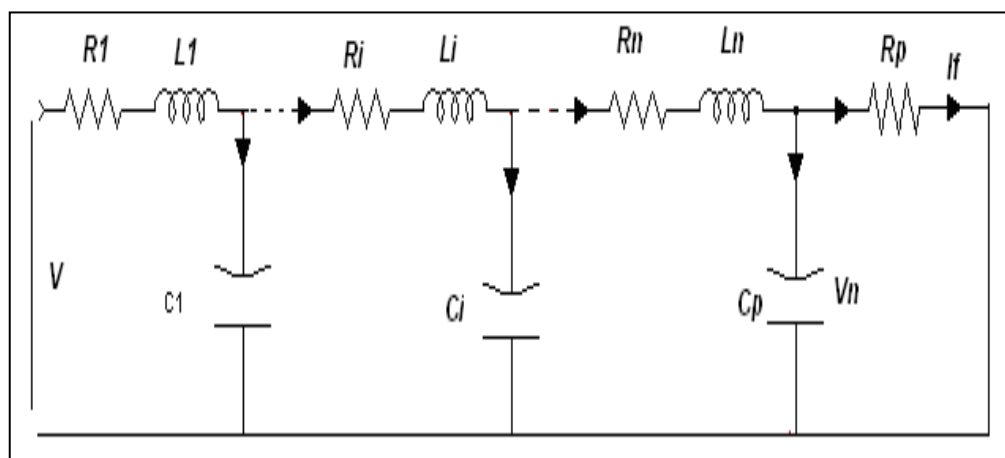


Figure. I-7. Schéma électrique équivalent à la propagation de la décharge [21]

Où

R_p : la résistance de la pollution.

C_p : la capacité de la couche de pollution.

R_i : la résistance de l'arc.

C_i : la capacité de la décharge,

L_i : l'inductance de la décharge.

Ce modèle est basé sur le critère d'impédance. Pour déterminer ces paramètres (R , L , C), utilise l'équation de Mayer pour calculer la variation de la résistance, l'approximation sphérique pour déterminer la capacité et concernant l'inductance du canal de la décharge, les auteurs ont utilisé les simplifications proposées par I. Fofana et A. Beroual.

I.4. Mécanisme de propagation:

I.4.1. Propagation par ionisation:

D'après Wilkins et Baghdadi [22], le mécanisme de l'élongation se ferait par ionisation et déplacement discontinue de la racine de la décharge. D'après ces auteurs, la probabilité d'ionisation dans la région précédant la racine de la décharge est grande, étant donné que la température ainsi que le gradient de potentiel électrique sont élevés dans cette région figure (I-8.a). Si l'ionisation dans cette région est suffisante, alors il y a circulation d'un courant électrique à travers celle-ci figure (I-8.b). La conductivité du nouveau trajet du courant augmente avec celui-ci, tandis que celle du trajet précédent dans l'électrolyte, reste constante. Par conséquent, le courant total change progressivement de trajet, entraînant ainsi une élongation d de la décharge figure (I-8.c).

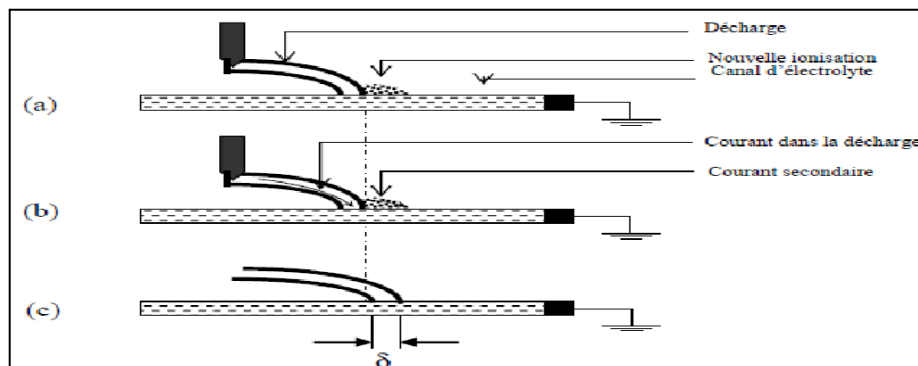


Figure I.8.Mécanisme de propagation par ionisation

I.4.2. Propagation par force électrostatique:

A partir des observations faites sur un canal d'électrolyte, Rahal [23] a essayé de mettre en évidence l'existence d'une force électrostatique s'exerçant sur la décharge, responsable du déplacement de l'arc. Il a démontré que du point de vue électrique macroscopique, cette force était due à la dissymétrie de la distribution du potentiel, elle-même causée par le passage du courant dans le liquide couvrant la surface isolante. Cette force va provoquer la courbure de la décharge vers l'électrode de masse figure (I-9). Une fois les conditions critiques satisfaites, la décharge se déplacera alors vers l'électrode de masse.

D'après l'auteur, l'existence de cette force implique en effet, que l'on considère la décharge comme un élément de circuit doué d'une certaine auto-consistance macroscopique et susceptible de s'étirer de façon plus ou moins élastique.

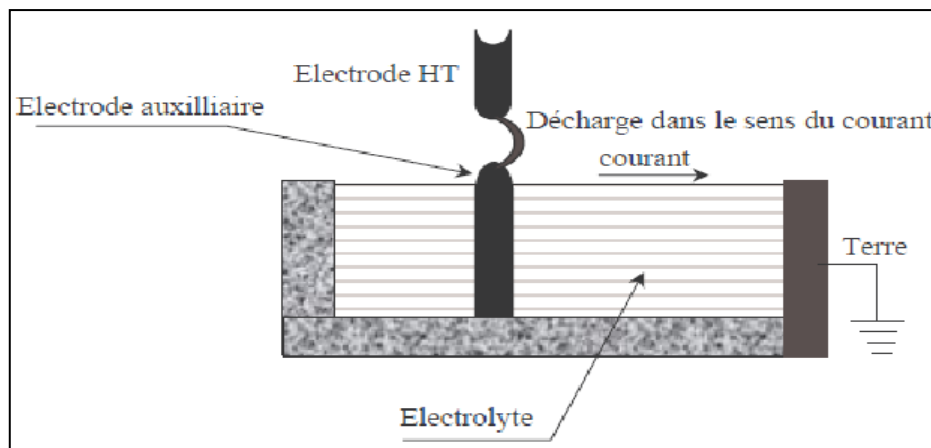


Figure I.9 Mécanisme de propagation par force électrostatique

Dans une analyse critique sur les différents mécanismes de propagation de la décharge présents dans la littérature, Flazi [24] ne pouvant pas identifier un phénomène élémentaire de rupture diélectrique d'un intervalle gazeux sur le trajet du contournement, au sens de la physique de la décharge, a dû se ramener à une approche plus globale du phénomène, à savoir le mécanisme de la propagation par ionisation progressive. Ainsi, il a déduit que l'augmentation du degré d'ionisation à l'intérieur de la décharge et le démarrage des processus d'ionisation devant elle, sont les facteurs responsables de l'allongement et du changement que subit la décharge, dans ses aspects et ses états dynamiques.

I.5. Critères de propagation de la décharge:

Les principaux critères de propagation rencontrés dans la littérature, ont été établis sur la base de condition faisant intervenir soit le champ électrique, soit le courant, soit la puissance ou encore l'énergie fournie par la source.

A partir d'une étude expérimentale, Hampton [25] a déterminé les conditions critiques de propagation de l'arc. En remplaçant la couche de pollution en série avec l'arc par une colonne d'eau uniforme présentant une résistance linéique constante, il a pu établir que la condition nécessaire pour que le contournement se produit, est que le champ dans la colonne d'eau dépasse le champ à l'intérieur de l'arc.

$$E_a < E_p \quad \text{I.18}$$

En supposons que l'arc en série avec la couche de pollution mouillée se modifie de façon à rendre maximal le courant qu'il tire de la source d'alimentation, Hesketh [26] à établi un critère de propagation de l'arc, exprimé par la relation :

$$di / dx > 0 \quad \text{I.19}$$

Où i étant le courant de l'arc

En considérant qu'un système se place dans la configuration qui lui permet de dissiper le maximum d'énergie, Wilkins a généralisé la condition énoncée par Hesketh et établi un critère de propagation utilisant la puissance fournie par la source :

$$dP/dx > 0 \quad \text{I.20}$$

En assimilant l'arc à une colonne de gaz en équilibre thermodynamique, Anjana et Lakshminarasimha [27] ont établi une condition nécessaire à la propagation de l'arc, basée sur des considérations énergétiques :

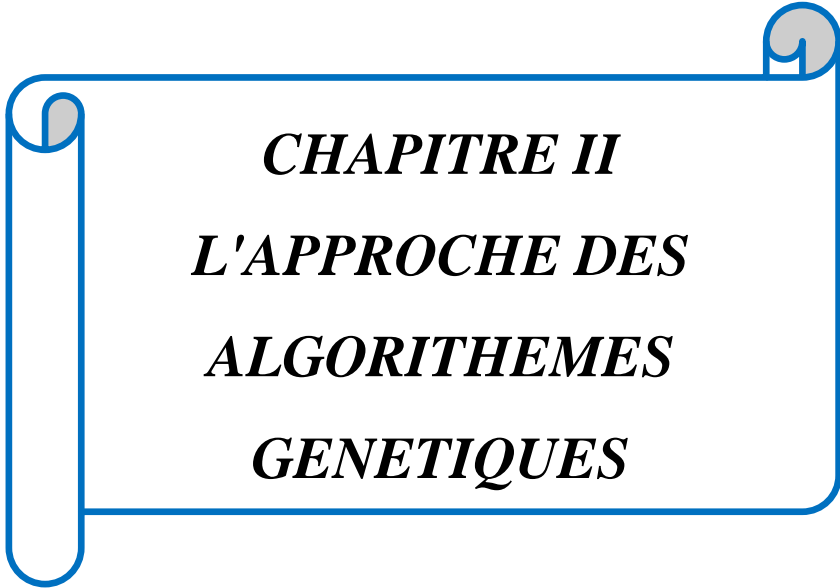
L'énergie totale fournie W_{total} doit être supérieure ou égale à l'énergie W_{th} nécessaire pour maintenir l'arc à sa température. En considérant une série d'arcs multiples parallèles Ghosh et al ont établi le critère de propagation suivant [28] :

$$dR(x)/dx > 0 \quad \text{I.21}$$

Où $R(x)$ est la résistance d'arc totale et x représente la longueur d'arc.

I.6.Conclusion:

Nous avons présenté dans ce chapitre un résumé d'une étude bibliographique sur les isolateurs en précisant leur rôle et leurs différents modèles, ainsi que la pollution qui représente l'une des contraintes auxquelles sont soumis les isolateurs des réseaux électriques en présentant ses différents niveaux, ainsi que les principaux critères qui régissent le phénomène de contournement .



CHAPITRE II
L'APPROCHE DES
ALGORITHMES
GENETIQUES

II.1.Introduction:

Les algorithmes évolutionnaires(AE) sont des méthodes stochastiques d'optimisation globale basées sur la théorie Darwinienne de l'évolution des espèces biologiques, ils utilisent à la fois les principes de la survie des individus les mieux adaptées et ceux de la propagation du patrimoine génétique qui s'inspirent des mécanismes de sélection naturelle et des phénomènes génétiques tel que des mécanismes d'évolution de la nature : croisements, mutations, sélections, etc. Pour utiliser ces algorithmes, il faut disposer d'une population d'individus. Chaque individu dispose d'une chaîne chromosomique qui dirige son comportement. Cette chaîne s'apparente à l'ADN dans les organismes vivants. Comme dans les systèmes naturels, des croisements sont réalisés périodiquement et permettent à l'algorithme de créer la génération suivante d'individus, ainsi des mutations sont aussi effectuées. Ces mutations évitent à l'ensemble de la population de converger vers une solution qui ne serait pas optimale. Il existe plusieurs types de ces algorithmes mais l'idée essentielle est la même : simuler l'évolution d'une population dans un espace de recherche à l'aide de trois opérateurs: sélection, croisement, mutation [29, 30].

Les algorithmes génétiques (AG) sont des techniques de recherche et d'optimisation stochastique dérivées de la génétique et des mécanismes de la sélection naturelle et de l'évolution. Leurs champs d'application sont très vastes : éco, optimisation de fonctions (cout ou les pertes), planification, et bien d'autres domaines. La raison de ce grand nombre d'application est claire, la simplicité et l'efficacité [31].

II.2. Algorithme Génétique (AG):

Les algorithmes génétiques (AG), ont été initialement développés par John Holland (1975) ses collègues et ses étudiants, à l'université du Michigan dans deux buts principaux[32]:

- ✓ Mettre en évidence et expliquer rigoureusement les processus d'adaptation des systèmes naturels.
- ✓ Concevoir des systèmes artificiels qui possèdent les propriétés des systèmes naturels.

Leurs champs d'application sont très vastes. Outre l'économie, ils sont utilisés pour l'optimisation de fonctions numériques difficiles (discontinues, multimodales, bruitées...), traitement d'image (alignement de photos satellites, reconnaissance de suspects...), optimisation d'emplois du temps, optimisation de design, contrôle de systèmes industriels, apprentissage des réseaux de neurones etc. La raison de ce grand nombre d'application est claire c'est la simplicité de leurs mécanismes, la facilité de leur mise en application et leur efficacité même pour des problèmes complexes, les (AG) peuvent être utilisés pour contrôler un système évoluant dans le temps (chaîne de production, centrale nucléaire...) car la population peut s'adapter à des conditions changeantes [32].

De plus, les (AG) utilisent deux stratégies importantes pour trouver une solution ou un ensemble de solutions. Ces stratégies sont : l'*exploration* et l'*exploitation*. Elles permettent de trouver le maximum global (solution du problème) du fait qu'elles sont complémentaires. Si l'exploration investigue l'ensemble des solutions de l'espace de recherche, la phase d'exploitation quant à elle se sert de la connaissance des solutions pour aider à trouver de meilleures solutions. La combinaison de ces deux stratégies peut être tout à fait efficace [33].

II.2.1. Les outils évolutionnaires de base d'un (AG):

Les (AG), sont basés sur trois éléments principaux : la *sélection*, le *croisement* et la *mutation*. Dans la littérature il s'agit d'*opérateurs* de reproduction. Leur principe est simple, comporte trois phases :

- 1- la genèse (l'initialisation aléatoire d'individus pour former la population de la première génération).
- 2- la reproduction (l'évolution des individus de la génération courante vers la suivante) :
 - la sélection des individus reproducteurs.
 - le croisement génétique de ces individus pour la création de nouveaux individus.
 - la mutation de certains individus pour que la création génétique ne s'affaiblisse pas.

- l'évaluation des individus par le calcul de leur fonction d'adaptation.

3-Recherche de l'individu le plus adapté selon les critères souhaités. La solution sera représentée par le meilleur individu de la dernière génération.

Pour résumer, L'AG est fondé sur [34]:

- Une représentation chromosomique des solutions du problème.
- Une méthode pour générer une population initiale de solutions.
- Une fonction d'évaluation (fitness) pour classer les solutions en fonction de leurs dispositions.
- Des opérateurs génétiques qui définissent la manière dont les caractéristiques génétiques des parents sont transmis aux enfants.
- Les valeurs des paramètres utilisés par l'AG.

II.3.Opérateurs de l'algorithme génétique:

II.3.1.Population initiale et codage des individus:

population initiale est un ensemble de solutions choisies dans l'espace de recherche du problème d'optimisation, ces solutions sont représentées sous une forme utilisable par l'AG (binaire, réel...). Cette représentation est le codage. Cela permet de créer un lien entre la valeur de la variable et l'individu dans la population, de manière à imiter la transcription génotype-phénotype existante dans le monde vivant.

La répartition des individus de la population initiale conditionne fortement la rapidité de convergence de l'algorithme, si aucune information n'est disponible dans ce sens alors la meilleure façon de procéder est de répartir la population sur tout l'espace des paramètres [35].

Il existe principalement trois types de codage : le codage binaire, le codage en base n et le codage réel.

II.3.1.1.Codage binaire:

Le codage binaire est le premier à être utilisé dans les algorithmes génétiques [36], car c'est le plus simple à mettre en œuvre avec un alphabet réduit à deux éléments $\{0,1\}$, rajouter à ça l'existence de fondements théoriques « théorie des schémas » et la facilité de mise en œuvre des opérateurs génétiques. Néanmoins il présente quelques inconvénients :

- Face à des problèmes de grande dimension et de très haute résolution ou de précision les performances d'un algorithme génétique basé sur le codage binaire sont dégradées comme le montre Michalewicz [37].
- La distance de Hamming entre les codes peut être très grande, par exemple le nombre entier 7 est représenté par le code 0111 en binaire, tandis que l'entier 8 est représenté par 1000, ils sont des nombre entiers qui se suit directement mais la distance de Hamming est de 4, ce qui provoque généralement une convergence prématurée de l'algorithme et pas l'obtention de l'optimum.

II.3.1.2.Codage en base n:

Le codage en base n utilise n alphabets $\{0,1, 2,\dots, n-1\}$ pour représenter les différentes valeurs de la variable d'optimisation. Chaque alphabet est pondéré de la même façon que pour le binaire, cela nous permet de représenter toutes les valeurs possibles de la variable sous ce code.

II.3.1.3.Codage réel:

Le codage réel est très différent des deux codages décrits précédemment, il est plus simple à utiliser. Si on veut chercher l'optimum d'une fonction à n variables $f(x_1, x_2, x_3 \dots \dots x_n)$ alors le chromosome i sera de la forme :

$$H : \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline x_1 & x_2 & x_3 & \dots & x_n \\ \hline \end{array}$$

L'évaluation du chromosome est plus rapide vu l'absence de procédure de décodage, en plus le codage réel aboutit souvent à une meilleure précision et un gain important en temps d'exécution [37].

II.3.2.Opérateur de croisement:

Il constitue la pièce maitresse de l'algorithme génétique, il agit sur la population des parents pour donner naissance à une population enfants. Au départ la population des parents est divisée en deux sous population de taille $(N/2)$, ensuite un couple, où chaque parent issu d'une sous population est choisi pour participer au croisement avec une probabilité (pc). Si le croisement aura lieu, on tire alors aléatoirement une valeur (*locus*) représentant un point de croisement parmi les l allèles constituant le chromosome des parents. Finalement, on procède

à un échange des séquences chromosomiques entre les deux parents. Ce mécanisme est illustré par la figure (II-1) suivante :

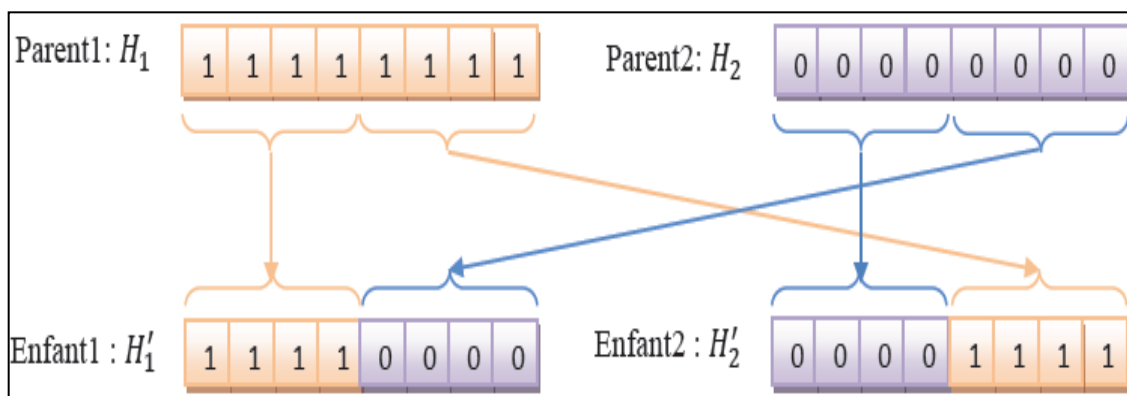


Figure II-1 : Principe du croisement binaire en un point

On trouve également d'autres variantes de ce type de croisement comme le croisement multipoint [38], dans ce dernier on ne choisit pas seulement un point de croisement mais plusieurs points tout au long du chromosome, ensuite on copie les fragments des chromosomes des parents en alternance pour en faire de nouveaux pour les enfants. Cette technique est aussi applicable sur le codage en base n et sur le codage réel, cependant, pour le codage réel d'autres formes de croisement sont plus préférées que celle-ci, on cite par exemple le croisement Barycentre [39] et le croisement Laplace récemment proposé [40].

II.3.2.1. Croisement barycentre:

Ce type de croisement est défini par le système d'équations suivant :

$$\begin{cases} H'_1(i) = \alpha \cdot H_1(i) + (1 - \alpha) \cdot H_2(i) \\ H'_2(i) = \alpha \cdot H_2(i) + (1 - \alpha) \cdot H_1(i) \end{cases} \quad \text{II.1}$$

où α est un paramètre aléatoire qui prend ses valeurs dans l'intervalle $[-0.5, 1.5]$, ceci permet de générer des gènes entre ou à l'extérieur des deux gènes parents.

II.3.2.2. Croisement Laplace:

C'est un croisement qui suit la loi de Laplace, dont la fonction de densité est donnée par l'équation (II.2), elle est définie par deux paramètres $(a, b) \in R^2$. a : appelé paramètre de localisation qui sert à positionner le centre de la fonction et $b > 0$: appelé envergure de la fonction.

$$f(x) = \frac{1}{2b} \exp\left(-\frac{|x-a|}{b}\right), -\infty < x < +\infty \quad \text{II.2}$$

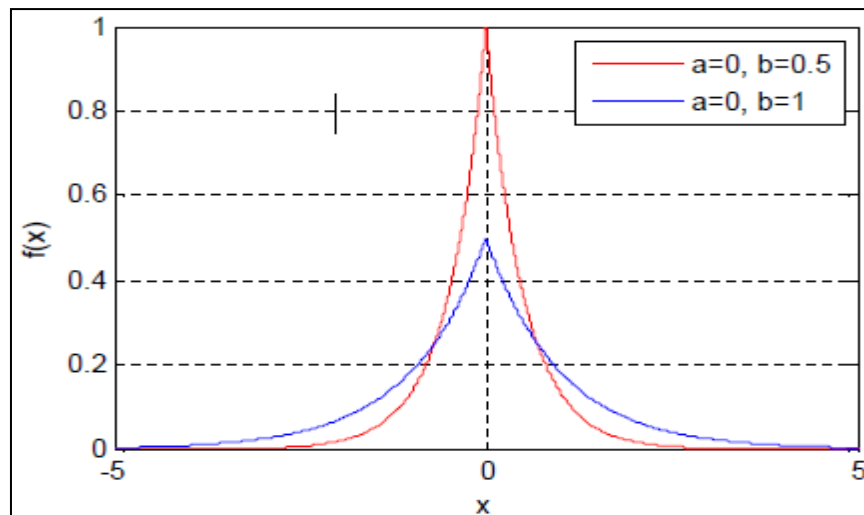


Figure II-2 : Densité de la distribution de Laplace pour a=0, b=1 et b=0.5

La génération des enfants via cet opérateur comporte deux étapes : la première étape consiste à générer la variable β en utilisant la fonction inverse de Laplace :

$$\beta = \begin{cases} a - b \cdot \log(u) & u \leq \frac{1}{2}, u \in [0,1] \\ a + b \cdot \log(u) & u > \frac{1}{2}, u \in [0,1] \end{cases} \quad \text{II.3}$$

Durant la deuxième étape, les chromosomes des enfants sont générés de la manière suivante :

$$\begin{cases} H'_1 = H_1 + \beta |H_1 - H_2| \\ H'_2 = H_2 + \beta |H_1 - H_2| \end{cases} \quad \text{II.4}$$

Cet opérateur a tendance à produire des enfants symétriques par rapport à la position de leurs parents. La valeur du paramètre « b » conditionne fortement la similitude ou la distance des enfants par rapport à leurs parents. Dans la figure (II-2), on constate que plus la valeur de « b » est faible plus la similitude augmente et vice versa.

II.3.3. Opérateur de mutation:

La mutation est un opérateur qui agit sur la population des enfants, son rôle est de garantir une diversité dans la population générée en introduisant de nouveaux gènes au patrimoine génétique de la population et ce avec une probabilité (pm) souvent très faible.

L'opérateur de mutation diffère suivant le type du codage utilisé, ainsi dans le codage binaire la mutation est très simple à élaborer, il suffit de compléter à 1 toutes les allèles des chromosomes des enfants pour qui, la probabilité est inférieure à (pm). La figure (II-3) donne un exemple illustratif pour la mise en œuvre de cet opérateur.

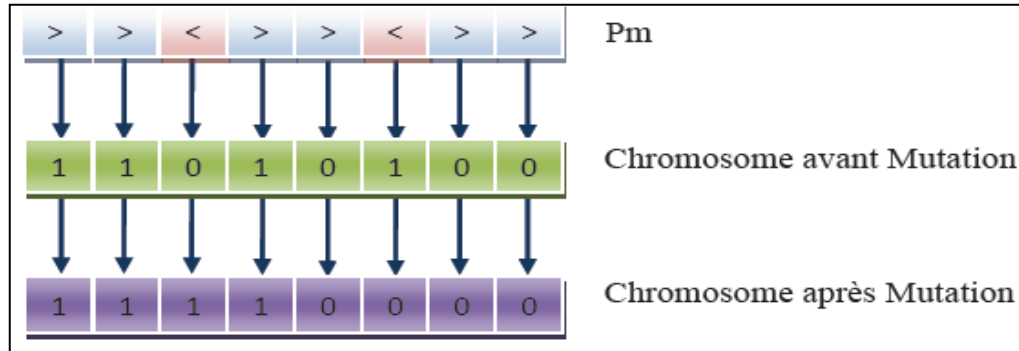


Figure II-3 : Principe de la mutation Binaire

Le codage en base n a aussi une procédure de mutation qui lui est propre, pour ce dernier on remplace juste l'allèle du chromosome concerné par une autre valeur tirée au sort dans la même base. De même pour le codage réel il existe plusieurs modèles de mutation parmi lesquels on cite la mutation uniforme, non uniforme [37] et power mutation récemment proposée [41].

II.3.3.1.Mutation uniforme:

La mutation uniforme est considérée comme une simple extension de la mutation binaire, on remplace juste le gène sélectionné x_k par une valeur quelconque $x_k \square$ tirée au sort dans l'intervalle $[X_{Min}, X_{Max}]$.

II.3.3.2.Mutation non uniforme:

Pour cette méthode la procédure est un peu plus complexe, le gène sélectionné x_k subit d'importante modification durant les premières générations qui diminue graduellement au fur et à mesure que les générations se succèdent. Pour une génération t on tire au hasard une valeur binaire qui détermine si le changement va être positif ou négatif, et la nouvelle valeur du chromosome sera :

$$x'_k = \begin{cases} x_k + \Delta(t, (x_k^{max} - x_k)), & r < 0.5 \\ x_k - \Delta(t, (x_k - x_k^{min})), & r \geq 0.5 \end{cases} \quad \text{II.5}$$

$\Delta(t, y)$ définit l'écart entre la nouvelle valeur et la valeur initiale du gène à muter.

$$\Delta(t, y) = y \left(1 - r^{(1-t/T)^\beta} \right) \quad \text{II.6}$$

avec :

- β : paramètre de l'opérateur (souvent $\beta=5$).
- t : indice de la génération actuelle.
- r : valeur aléatoire définie dans l'intervalle $[0, 1]$.
- T : indice de la génération pour laquelle l'amplitude de la mutation s'annule.

II.3.3.3. Power mutation:

C'est un opérateur basé sur une distribution en puissance dont la fonction de distribution est donnée par :

$$f(x) = px^{p-1} \quad , 0 \leq x \leq 1 \quad \text{II.7}$$

La fonction de densité est donnée par :

$$F(x) = x^p \quad , 0 \leq x \leq 1 \quad \text{II.8}$$

avec : p index ou puissance de la fonction

Cet opérateur de mutation tente de créer des gènes x'_k au voisinage des gènes initiaux suivant une série de calculs faite de la manière suivante : Premièrement on calcule une valeur t comme suit:

$$t = \frac{X_k - X_{Min}}{X_{Max} - X_{Min}} \quad \text{II.9}$$

où X_{Min} et X_{Max} définissent respectivement les bornes supérieures et inférieures de x_k .

Ensuite, on calcule la valeur de $s(t)$ qui, elle aussi suit la même loi de distribution :

$$s(t) = p(t^{(p-1)}) \quad \text{II.10}$$

La dernière phase consiste à générer les nouveaux gènes mutants :

$$x'_k = \begin{cases} x_k - s(t) \cdot (x_i - x_{min}) & , t < r \\ x_k + s(t) \cdot (x_{max} - x_i) & , t \geq r \end{cases} \quad \text{II.11}$$

r : valeur aléatoire définie dans l'intervalle $[0, 1]$.

La puissance de la mutation est gouvernée par la valeur de p , si ce dernier est très faible, la perturbation introduite sur le gène sélectionné sera très minime, mais dans le cas contraire (lorsque p est très grand) une grande perturbation sera apportée au gène. La figure (II-4) illustre l'influence de la valeur de p sur la densité de distribution de cet opérateur.

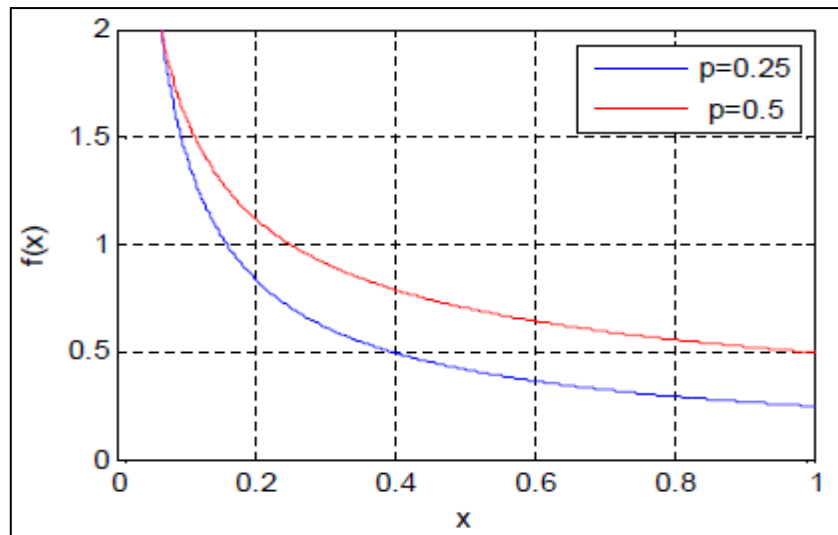


Figure II-4: Densité de distribution en fonction de la valeur de p

II.3.4. Opérateur de sélection:

La sélection opère au niveau des chromosomes des individus parents et elle utilise la valeur d'adaptation (fitness) comme critère de décision. L'idée clé de cet opérateur est de donner un certain avantage aux individus ayant une valeur d'adaptation importante (les individus les plus proches de la solution), et ce, en leur permettant d'accéder à la nouvelle génération à travers leurs chromosomes, d'autre part d'interdire aux mauvais individus d'y accéder [42].

A cette fin, plusieurs méthodes existent, parmi elles figure la roue de loterie biaisée de Goldberg [36]. Son principe est de donner une chance aux individus d'être copiés autant de fois dans la nouvelle génération proportionnellement à leurs adaptations. Compte à son mécanisme, il consiste à faire autant de tirage avec remise dans la population que le nombre d'individus existant dans la population.

La figure (II-5) suivante présente un exemple d'usage de cette technique. Pour une population de six individus, la fitness employée dans ce cas est un pourcentage calculé par la division de la fitness de l'individu en question sur la fitness cumulée de toute la population.

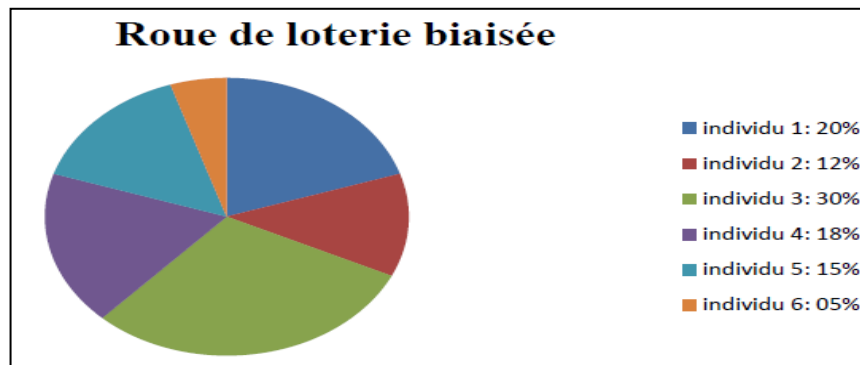


Figure II-5 : Principe de la roue de loterie biaisée

L'inconvénient de cette méthode est qu'elle favorise la dominance d'un individu qui n'est pas forcément le plus performant et par la même occasion elle engendre la perte de diversité dans la population. Pour ces raisons, d'autres méthodes qui remédient à ces inconvénients sont utilisées telle que la sélection par tournoi.

Dans cette deuxième technique de sélection à chaque fois on choisit K individus parmi les processus jusqu'au remplissage de la population. Dans le cas où ($K=2$) la sélection est dite binaire et seuls deux individus participent au tournoi à la fois[43].

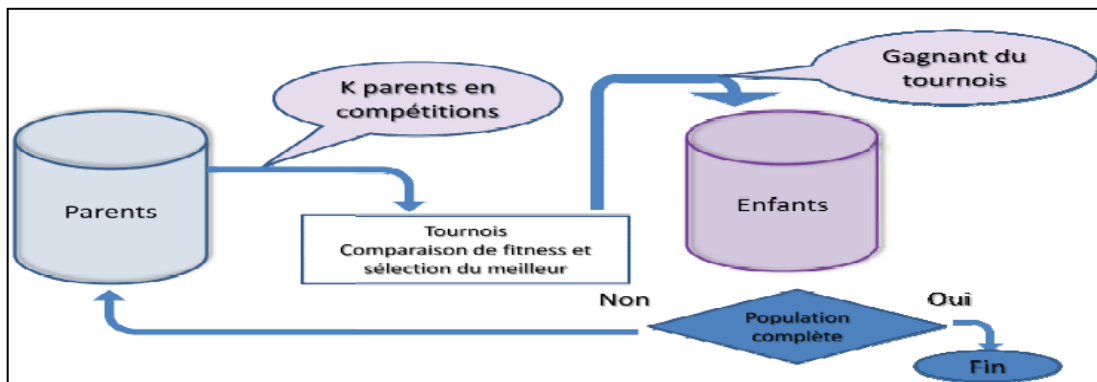


Figure II-6 : Sélection par Tournoi

II.4. Optimisation par (AG):

Les (AG), utilisent un vocabulaire similaire à celui de la génétique, cependant, les processus auxquels ils font référence sont beaucoup plus complexes. En imitant ce principe, les algorithmes génétiques appliqués à un problème d'optimisation font évoluer un ensemble de solutions utilisent un mécanisme de sélection naturelle. Ainsi, les AG ne se basent pas sur un *individu*, mais sur une *population* d'individus qui vont évoluer de génération en génération pour obtenir un résultat se rapprochant de la solution optimale.

Pour un problème d'optimisation donné, un individu représente un point de l'espace d'état ou une solution possible du problème donné il est composé d'un ou plusieurs chromosomes. Les chromosomes sont eux-mêmes constitués de gènes qui contiennent les caractères héréditaires de l'individu. A chaque individu est attribué un "*fitness*" qui mesure la qualité de la solution qu'il représente, souvent c'est la valeur de la fonction à optimiser. Ensuite, une nouvelle population des solutions possibles est produite en sélectionnant les parents parmi les meilleurs de la "*génération*" actuelle pour effectuer des *croisements* et des *mutations* [34].

La sélection a pour but de favoriser les meilleurs éléments de la population, tandis que le croisement et la mutation assurent une exploration efficace de l'espace d'état. Les meilleurs individus d'une génération vont créer une nouvelle génération plus adaptée au problème dont la nouvelle population contient une plus grande proportion de caractéristiques des meilleurs individus de la génération précédente.

L'organigramme fonctionnel présenté dans la figure (II-7), illustre la structure générale de l'algorithme génétique. Nous détaillerons dans la suite les diverses phases qui le constituent et les mécanismes associés à chacune d'entre elles. [37].

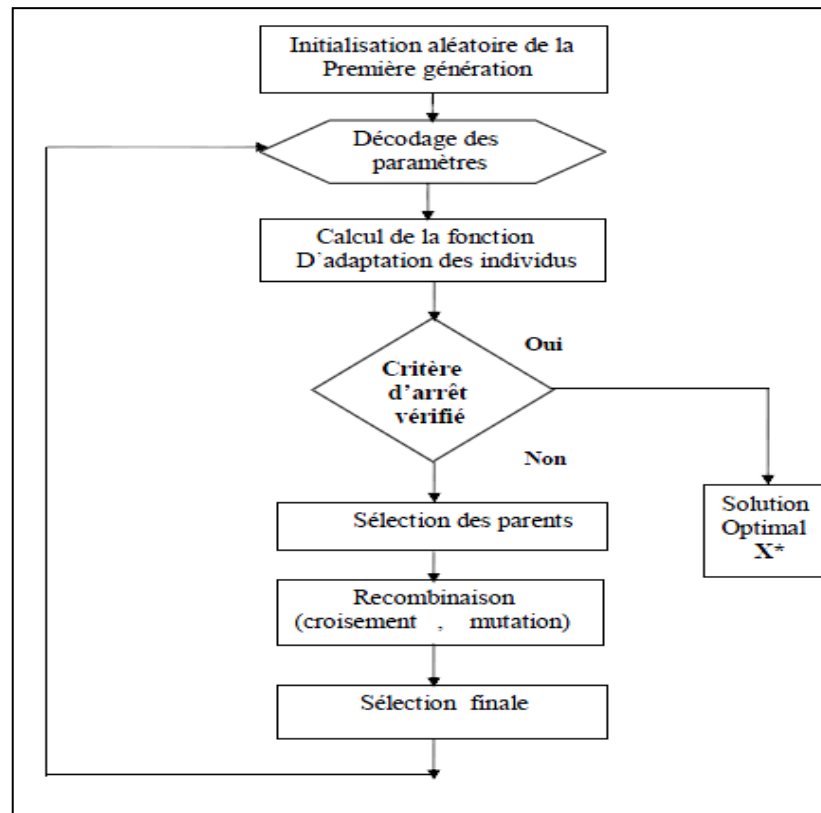


Figure II-7 : Organigramme général d'un algorithme génétique

II.5. Concept de base de AG:

La simplicité de mise en œuvre et l'efficacité constituent deux des caractéristiques les plus attrayantes de l'approche proposée par les AG. La mise en œuvre d'un algorithme génétique sollicite la disponibilité [44], [45] :

- d'une *représentation génétique* du problème, c'est-à-dire un codage approprié des solutions sous la forme de chromosomes. Cette étape associe à chacun des points de l'espace de recherche 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.
- d'un *mécanisme de génération* de la population initiale. Ce mécanisme doit être
- capable de produire une population non homogène qui servira de base pour les générations futures. Le choix de la population initiale est important car il peut prendre plus ou moins rapidement la convergence vers l'optimum global. Dans le cas où l'on ne connaît rien sur le problème à résoudre, il est essentiel que la population initiale soit répartie sur tout le domaine de recherche.
- d'une *fonction d'évaluation* pour mesurer la force de chaque chromosome.
- d'un *mode de sélection* des chromosomes à reproduire.
- des *opérateurs* permettant de diversifier la population au cours des générations et d'explorer l'espace de recherche. 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 de recherche.
- des *valeurs* pour les *paramètres* qu'utilise l'algorithme : taille de la population, nombre total de générations ou critère d'arrêt, probabilités de croisement et de mutation.

II.6. Algorithme de principe:

Selon Darwin, [46] les mécanismes à l'origine de l'évolution des êtres vivants reposent sur la compétition qui sélectionne les individus les plus adaptés à leur milieu en leur assurant une descendance, ainsi que sur la transmission aux enfants des caractéristiques utiles qui ont permis la survie des parents.

Les algorithmes génétiques sont des méthodes de recherche probabilistes, basés sur ce modèle de l'évolution, les individus soumis à l'évolution sont des solutions appartenant à

l'espace de recherche du problème à optimiser. L'ensemble des individus traités simultanément par l'algorithme génétique constitue une population, l'algorithme itère et passe d'une génération à l'autre jusqu'à la satisfaction d'un critère d'arrêt. Durant chaque génération, un ensemble d'opérateurs est appliquée aux individus d'une population pour engendrer la nouvelle population à la génération suivante.

Le principe d'un algorithme génétique se décrit simplement. Un ensemble de N points dans un espace de recherche, choisi à priori au hasard, constitue la population initiale; chaque individu x de la population possède une certaine performance, qui mesure son degré d'adaptation à l'objectif visé:

dans le cas de la minimisation d'une fonction objectif f , x est d'autant plus performant que $f(x)$ est plus petit. Un AG consiste à faire évoluer progressivement par générations successives, la

composition de la population en maintenant sa taille constante. Au cours des générations, l'objectif est d'améliorer globalement la performance des individus; on essaie d'obtenir un tel résultat en mimant les deux principaux mécanismes qui régissent l'évolution des êtres vivants, selon la théorie de Darwin :

- La sélection, qui favorise la reproduction et la survie des individus les plus performants.
- La reproduction, la recombinaison et les variations des caractères héréditaires des parents, pour former des descendants aux potentialités nouvelles.

Selon Goldberg [47], les opérateurs de reproduction sont classés en deux catégories:

- Les opérateurs de mutation, qui modifient un individu pour former un autre, cet opérateur consiste à modifier la valeur d'un génotype aléatoirement avec un faible taux de mutation, il existe plusieurs variantes dont les plus connues sont la mutation déterministe et la mutation bit-flip, la mutation bit-flip consiste à choisir un bit dans la chaîne binaire et l'inverser tandis que la mutation déterministe consiste à choisir au hasard un nombre fixé de bits et à les inverser.
- Les opérateurs de croisement, qui engendre un ou plusieurs enfants à partir de combinaison de deux parents, Il existe trois variantes de croisement : le croisement un point, le croisement deux points et le croisement uniforme. Le premier se déroule en deux étapes : le choix aléatoire d'un point de coupure identique sur les deux chaînes binaires et la coupure des deux chaînes et échange des deux fragments situés à droite.

Dans le deuxième on choisi aléatoirement deux points de coupure sur les deux chaînes binaires et on coupe les deux chaînes et échange des deux fragments situées entre les deux points. Dans le croisement uniforme, on utilise un "masque de croisement" qui est un mot binaire de même taille que les individus, si la n^{ieme} position du masque est "0" on laisse inchangés les symboles à la n^{ieme} position des deux chaînes, un "1" déclenche un échange des symboles correspondants, le masque est engendré aléatoirement pour chaque couple d'individus.

Le schéma d'un algorithme génétique simple est présenté dans la figure (II-8). On Remarque qu'il met en œuvre un opérateur de sélection proportionnel (la chance de sélection d'un individu est proportionnel à sa fitness), et un remplacement générationnel c'est-à-dire que la population des enfants remplace complètement celle des parents. Les opérateurs de variations travaillent sur les génotypes, le croisement est considéré comme l'opérateur de recherche essentiel, la mutation est appliquée avec un faible taux afin de garder une certaine diversité dans la population

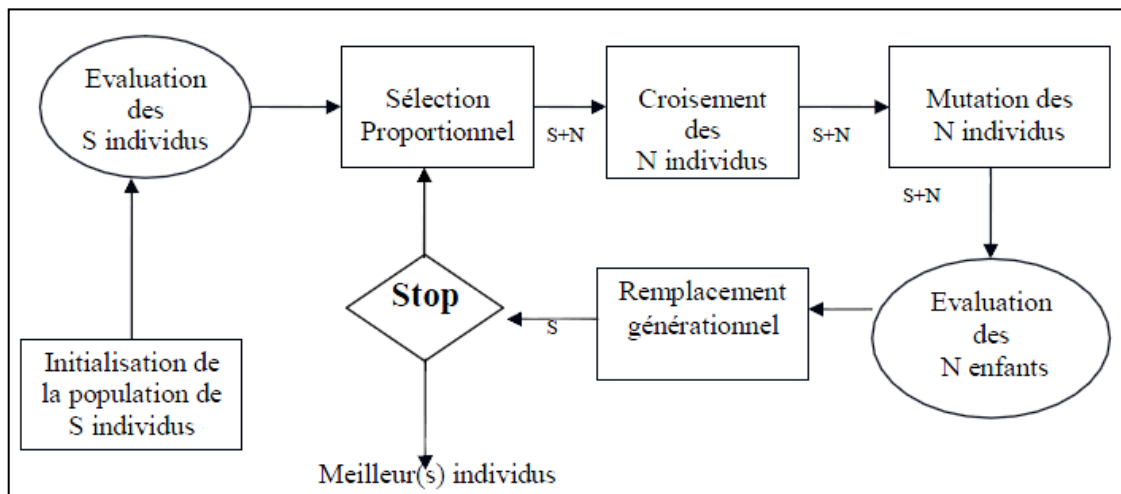
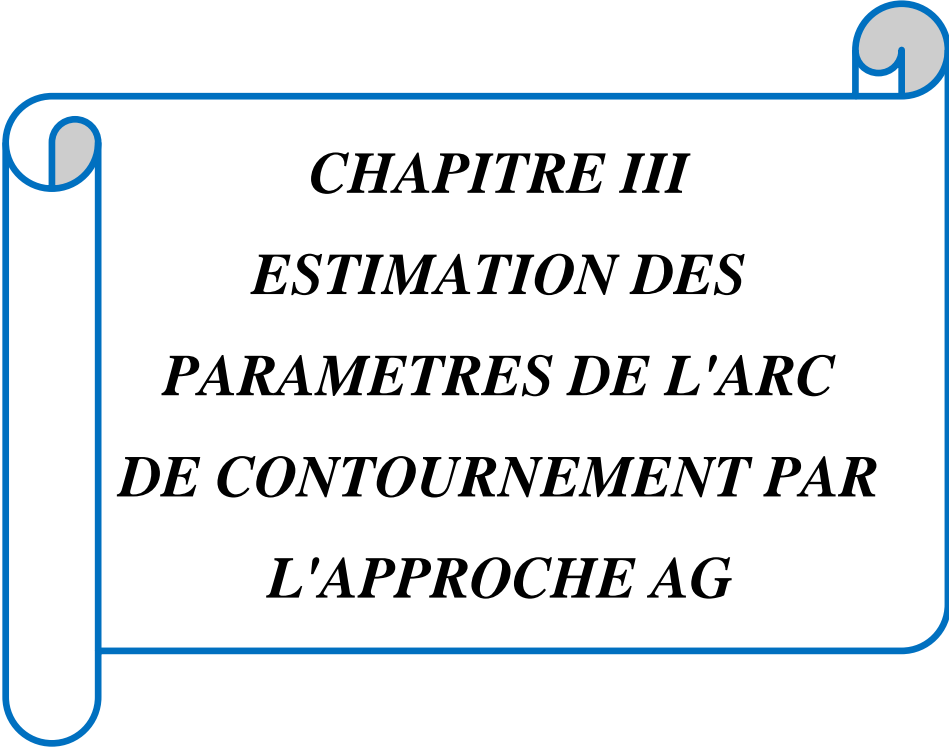


Figure II-8: le schéma d'un algorithme génétique [48].

II.7.Conclusion:

Ce chapitre a établi les fondations nécessaires à la compréhension des algorithmes génétiques, de leurs mécanismes et de leur puissance. Ces algorithmes classés parmi les méthodes stochastiques, s'inspirent de l'évolution génétique des espèces, plus précisément du principe de la sélection naturelle. C'est initialement la quête de robustesse qui a orienté vers ces méthodes ; les systèmes naturels sont robustes, efficaces et performants. En reproduisant sous forme artificielle le principe naturel de l'algorithme de sélection de la meilleure adaptation, les chercheurs visés l'atteinte des mêmes performances.

Le domaine d'application des algorithmes génétiques est assez large. En effet, depuis leur adaptation, ces méthodes connaissent une expansion considérable. Les algorithmes génétiques dans les applications qu'on leur a soumis ont montré leur grande souplesse et leur simplicité d'utilisation. Cette science à part entière a trouvé des applications pratiques que ce soit dans l'industrie ou dans d'autres.



CHAPITRE III
ESTIMATION DES
PARAMETRES DE L'ARC
DE CONTOURNEMENT PAR
L'APPROCHE AG

III.1.Introduction:

La tension critique de contournement d'un isolateur pollué est un paramètre significatif de la fiabilité d'un système d'énergie, d'où plusieurs approches ont été développées pour l'estimation de la tension de contournement.

L'exposition du matériel isolant à des différentes conditions environnementales et la pollution en particulier est inévitable dans tous les systèmes énergétiques.

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, qui sont à l'origine du développement de plusieurs approches pour l'estimation de la tension de contournement d'un isolateur pollué.

Dans le domaine des isolateurs, 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 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. Estimation des paramètres de l'arc de contournement:

La modélisation du phénomène de contournement a été un intérêt spécifique pour de nombreux chercheurs. Le problème majeur dans toutes ces investigations est la définition de la valeur des constantes de l'arc qui influent sur le processus de contournement [50-51].

Malheureusement, les valeurs des constantes de l'arc ont été estimées par plusieurs investigations, ces investigations sont basées soit de façon générale sur les spécificités des conditions expérimentales proposées par les auteurs, soit sur la méthode des algorithmes génétiques, que nous adopterons dans ce chapitre [52].

III.3. Modèle Mathématique:

Le processus de contournement des isolateurs pollués a été soigneusement étudié par plusieurs chercheurs. Le modèle le plus simple de la couche de pollution est celui développé par Obenhaus [53] qui consiste en un arc qui court circuit la zone sèche, mis en série avec une résistance équivalente à la zone mouillée. En appliquant la loi d'ohm sur le circuit de la figure (III-1):

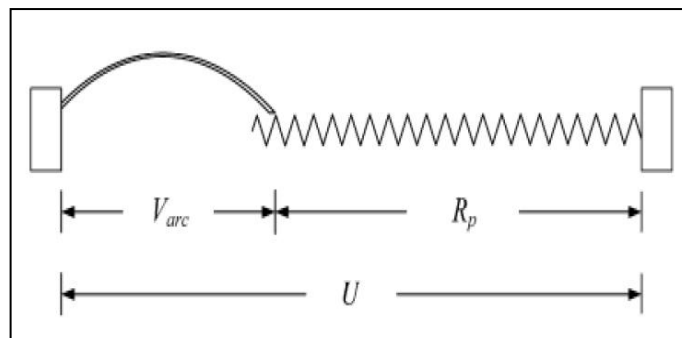


Figure III.1 Circuit équivalent pour l'évaluation de la tension de contournement

La tension appliquée U aux bornes de l'isolateur est exprimée par :

$$U = XAI^{-n} + (L_f - X)R_p I \quad \text{III.1}$$

où

- ✓ XAI^{-n} : la tension de l'arc.
- ✓ $(L_f - X)R_p I$: la tension dans la couche de pollution.
- ✓ X : la longueur de l'arc
- ✓ L_f : la ligne de fuite de l'isolateur (en cm).
- ✓ R_p : la résistance par unité de longueur de la couche de pollution.
- ✓ I : le courant de fuite.

✓ A et n : les constantes de l'arc.

La mesure de la résistance R_p de la zone humide est très compliquée. Donc, elle peut être substituée par la conductivité de la couche de pollution σ_s (en Ω^{-1})

$$\sigma_s = \frac{1}{R_p} F \quad \text{III.2}$$

où F est le facteur de forme de l'isolateur et qui s'exprime par :

$$F = \int_0^1 \frac{l}{\pi D(l)} dl \quad \text{III.3}$$

Le critère de propagation de la décharge le long de la surface de l'isolateur pour provoquer le contournement est [54] :

$$\frac{dl}{dx} > 0 \quad \text{III.4}$$

La tension dans cette condition critique devient :

$$U_c = X A I_c^{-1} + (L_f - X_c) K r_p I_c \quad \text{III.5}$$

Ici le coefficient k a été ajouté pour valider l'équation (III-6) à l'instant critique du contournement. Wilkins [55] a introduit ce coefficient pour modifier la résistance de la couche de pollution R_p en tenant compte la concentration des lignes de courant au pied de la décharge. La formule simplifiée pour calculer k est [56] :

$$k = 1 + \frac{L_f}{2\pi F (L_f - X_c)} \ln \left(\frac{L_f}{2\pi F \sqrt{\frac{(\pi D_m \sigma_s A)^{\frac{1}{n+1}}}{1,45\pi}}} \right) \quad \text{III.6}$$

A l'état critique, la longueur de l'arc prend la valeur [55] :

$$X_c = \frac{L_f}{n+1} \quad \text{III.7}$$

Le courant critique sera calculé par la relation suivante:

$$I_c = (\pi D_m \sigma_s A)^{\frac{1}{n+1}} \quad \text{III.8}$$

et la tension critique par:

$$U_c = \frac{A}{n+1} (L_f + \pi D_m F K n) ((\pi D_m \sigma_s A))^{-\frac{n}{n+1}} \quad \text{III. 9}$$

où D_m est le diamètre maximal de l'isolateur et σ_s est la conductivité surfacique qui est donnée en fonction de la densité de dépôt de sel équivalente C_p en (mg/cm^2) par [57] :

$$\sigma_s = (369.05 C_p + 0.42) 10^{-6} \quad \text{III. 10}$$

III.4. Fonction objectif (Fitness):

Dans un algorithme génétique fonction d'évaluation qui permet de décrire Son expression dépend fortement que des paramètres intervenant dans la solution du problème qui définissent le nombre de variables de cette fonction. Pour tenir compte de ces conditions elle est généralement formulée comme suit[58] :

$$f = g^o h \quad \text{III. 11}$$

° : Loi de composition

g : Fonction de transformation, elle peut être linéaire, non linéaire, ...

f : Fonction objectif issue de la formulation du problème d'optimisation

III.4.1. Formulation du problème:

L'identification consiste à déterminer les paramètres d'un modèle mathématique, dont la structure est établie selon un critère donné. Les constantes optimales A et n de l'arc sont obtenues par la minimisation de l'erreur quadratique de mesure qui permettent au modèle de représenter avec précision les données expérimentales. La fonction objective à minimiser est donc.[59] :

$$F_g = \sum_{i=0}^m |(U_m - U_c(A, n))| \quad \text{III. 12}$$

avec :

- ✓ U_m : est la tension mesurée
- ✓ $U_c(A, n)$: est la tension critique de contournement

III.5. Données expérimentales utilisées :

Le tableau1.donne les valeurs des paramètres géométriques et les valeurs de la tension de contournement U_m obtenue expérimentalement en fonction de la concentration de la pollution

C pour quelques profils d'isolateurs collectées de la littérature et utilisée dans la présente investigation[59 ,60, 61].

| Type | $D_m(cm)$ | $L_f(cm)$ | F | $C_p(mg/cm^2)$ | $U_c(kv)$ |
|-----------------|-----------|-----------|------|----------------|-----------|
| Profil 1 | 25.4 | 30.5 | 0.70 | 0.02 | 22.0 |
| | 25.4 | 30.5 | 0.70 | 0.05 | 16.0 |
| | 25.4 | 30.5 | 0.70 | 0.10 | 13.0 |
| | 25.4 | 30.5 | 0.70 | 0.16 | 11.0 |
| | 25.4 | 30.5 | 0.70 | 0.22 | 10.0 |
| | 25.4 | 30.5 | 0.70 | 0.30 | 8.5 |
| Profil 2 | 25.4 | 43.2 | 0.92 | 0.02 | 26.0 |
| | 25.4 | 43.2 | 0.92 | 0.05 | 19.0 |
| | 25.4 | 43.2 | 0.92 | 0.10 | 13.0 |
| | 25.4 | 43.2 | 0.92 | 0.16 | 15.0 |
| | 25.4 | 43.2 | 0.92 | 0.22 | 12.0 |
| | 25.4 | 43.2 | 0.92 | 0.30 | 10.5 |
| Profil 3 | 25.4 | 27.9 | 0.68 | 0.13 | 12.0 |
| | 25.4 | 27.9 | 0.68 | 0.16 | 11.1 |
| | 25.4 | 27.9 | 0.68 | 0.23 | 8.7 |
| | 25.4 | 27.9 | 0.68 | 0.28 | 9.1 |
| | 25.4 | 27.9 | 0.68 | 0.34 | 7.5 |
| | 25.4 | 27.9 | 0.68 | 0.37 | 7.8 |
| | 25.4 | 27.9 | 0.68 | 0.49 | 6.2 |
| | 25.4 | 27.9 | 0.68 | 0.52 | 6.8 |
| | 25.4 | 27.9 | 0.68 | 0.55 | 6.1 |

Tableau.1. Les valeurs expérimentales pour différents types d'isolateurs

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 équivalente) ; U_c – la tension critique de contournement.

III.6.Procédure d'optimisation pour AG :

Un AG standard nécessite en premier le codage de l'ensemble des paramètres du problème d'optimisation en une chaîne de longueur finie. Le principe d'un AG est simple, il s'agit de simuler l'évolution d'une population d'individus jusqu'à un critère d'arrêt.

On commence par générer une population initiale d'individus (solutions) de façon aléatoire. Puis, à chaque génération, des individus sont sélectionnés, cette sélection est effectuée à partir d'une fonction objective.

Puis, les opérateurs de croisement et de mutation sont appliqués et une nouvelle population est créée. Ce processus est itéré jusqu'à un critère d'arrêt. Le critère le plus couramment utilisé est le nombre maximal de générations que l'on désire effectuer. L'organigramme suivant expliqué le principe d'optimisation par AG[59 ,60, 61]:

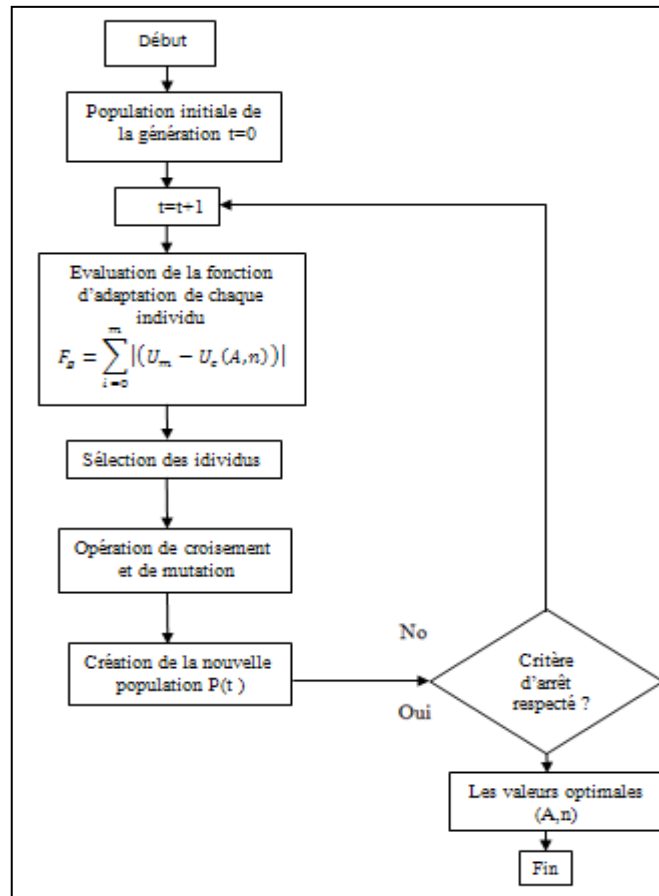


Figure III.2: Organigramme d'AG

III.7. Détermination des constantes de l'arc:

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 [62] ont proposé $A = 124,8$ et $n = 0,409$, ces valeurs peuvent converger vers de bons résultats pour la plupart des problèmes. Farzaneh [63] a recommandé une combinaison $A = 208,9$ et $n = 0,449$ sur une surface recouverte de glace en utilisant un échantillon de glace de forme triangulaire. Ghosh et Chatterjee [64] ont trouvé que les valeurs de « A » et « n » dépendent des polluants chimiques. Zegnini [65] 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 El-A. 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 2) [66]. Dans ce travail on a construit une base de données à partir des résultats des travaux de plusieurs chercheurs dans ce domaine (14 valeurs pour chaque type d'isolateur) 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.

| Auteur | La constante «A» | La constante « n » |
|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Alston et Zoledziowski | 63 | 0,760 |
| Wilkins | 63 | 0,760 |
| Rahal | 220 | 0.310 |
| Claverie | 100 | 0.500 |
| Hampton | 530 | 0.240 |
| Obenaus | 100 | 0.700 |
| Renyu | 138 | 0.669 |
| Farzaneh | 208.9 | 0.449 |
| Ghosh | 360 | 0.590 |
| Topalis | 131.5 | 0.374 |

Tableau.2. Les constantes « A » et « n »

Donc, les valeurs des constantes de l'arc A et n varient respectivement dans les intervalles $[0,500]$ et $[0, 1]$.

III.8. Les valeurs adoptées pour les paramètres de AG :

- ✓ La taille de la population (population size $N=20$).
- ✓ Probabilité de mutation (Mutation probability $P_m=1\%$).
- ✓ Probabilité de croisement (crossover probability $P_c=0.9$).
- ✓ Le nombre Maximal de générations $g_{max}=200$.
- ✓ Number de bits; (Number of genes in a chromosome $N_b=20$).

III.9. Simulation de Méthode (AG) par MATLAB:

Pour mieux voir l'évolution du processus d'optimisation, nous avons tracé la variation de la fonction fitness en fonction du nombre de générations sur la figure(III.3).

Au cours des générations, nous approchons de plus en plus de la solution optimale (paramètres de l'arc optimaux). En effet, on remarque que la valeur de la fonction fitness F_g de la meilleure solution est une fonction décroissante au cours des générations. Au moment où l'algorithme converge (dans notre cas ~ 167 générations), la valeur de la fonction fitness est très minimale. À ce moment-là, on considère la meilleure solution de la dernière génération comme étant la valeur optimale des paramètres de l'arc recherchés.

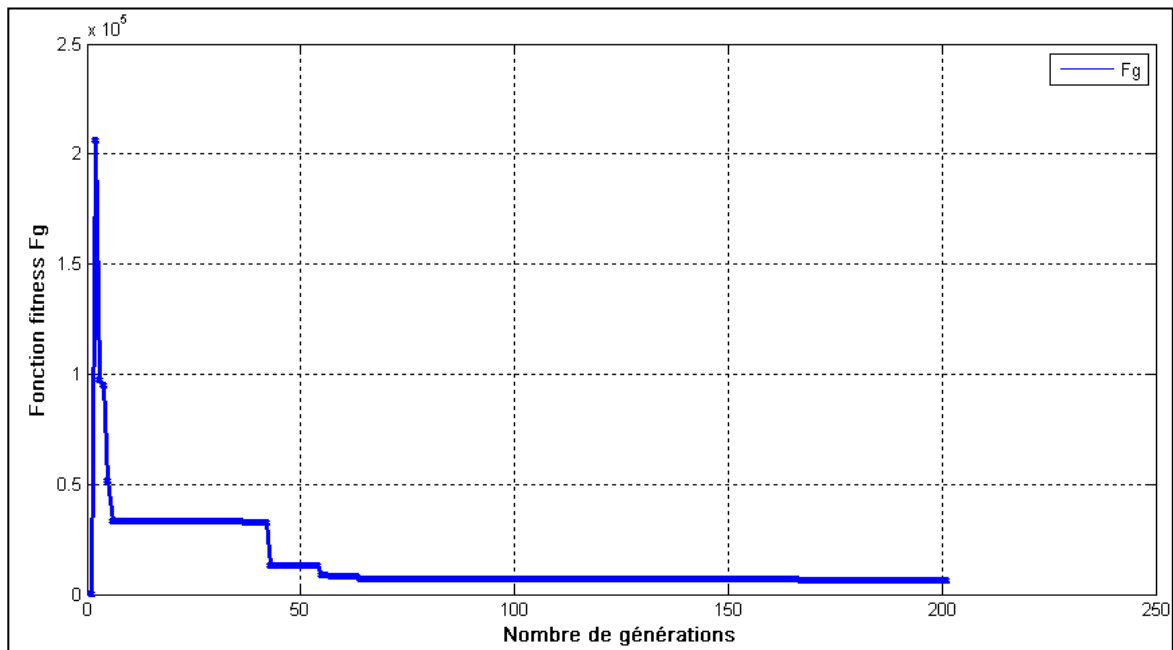


Figure III.3. Evolution de la fonction fitness en fonction du nombre de générations utilisant le méthodes AG

La convergence des paramètres de l'arc de contournement est présentée dans les figures (III.4.5.) où il devient évident que les algorithmes génétiques proposés convergent rapidement à ces valeurs.

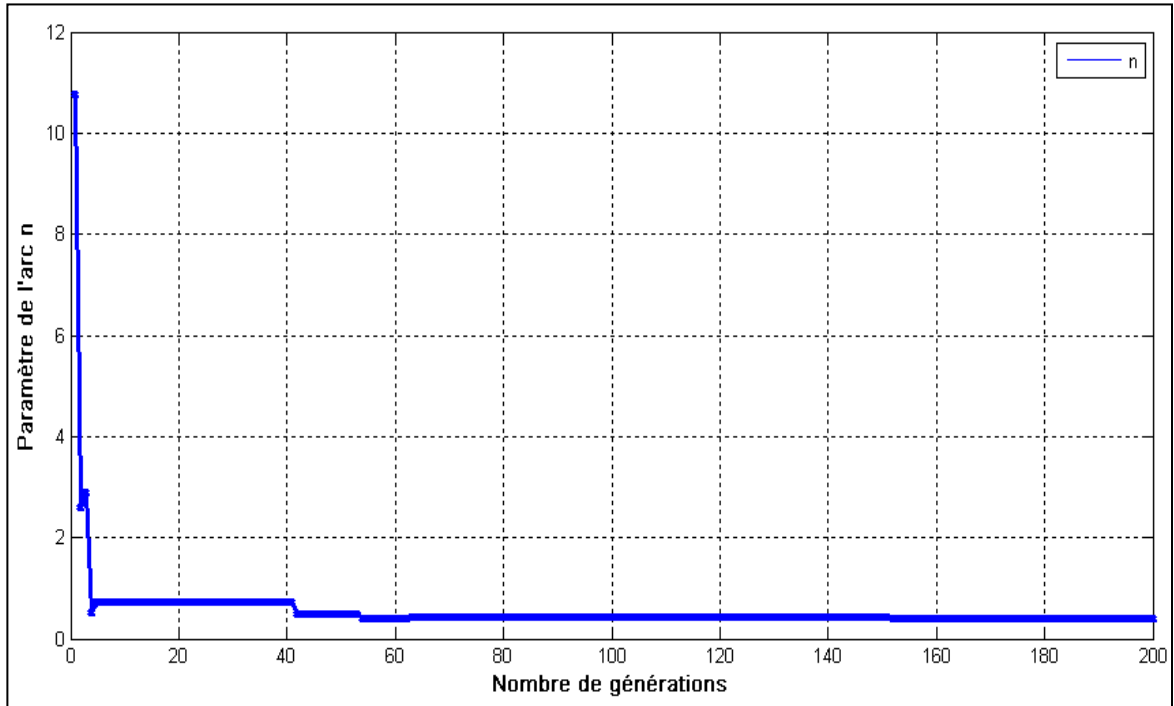


Figure III.4. Variation de la constante 'n' en fonction du nombre de générations

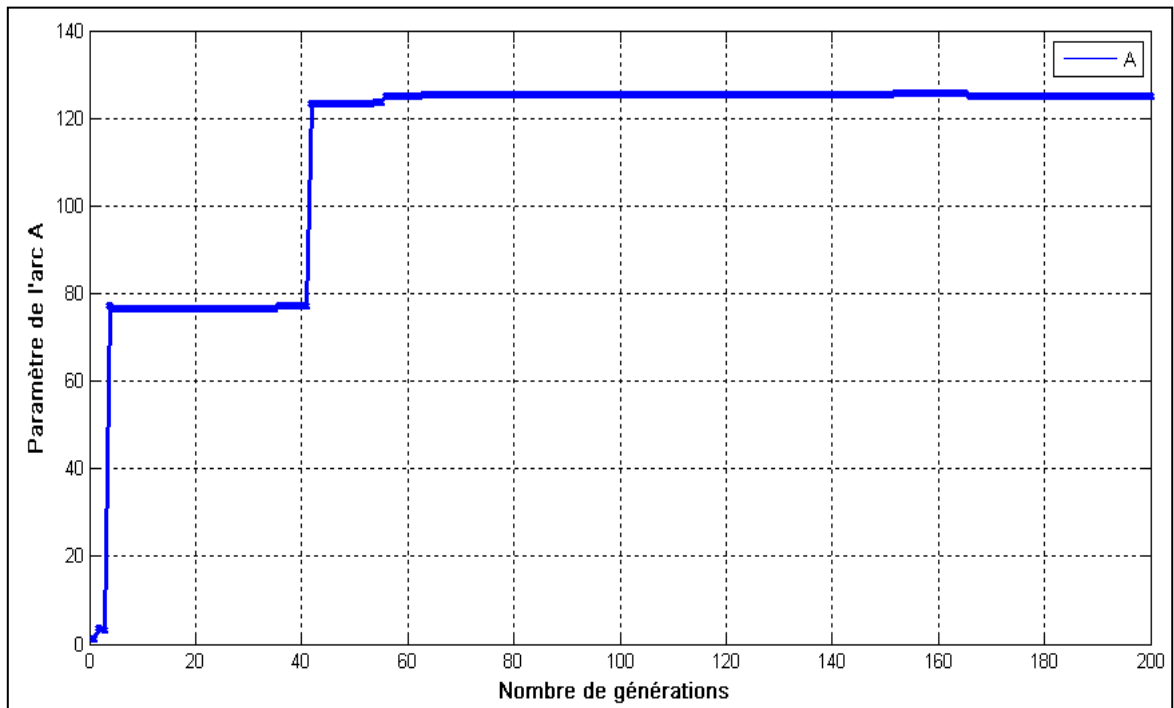


Figure III.5. Variation de la constante 'A' en fonction du nombre de générations

III.10. Résultats de simulation et discussion:

III.10.1. Résultats obtenus de AG:

Notre travail est basé sur la minimisation de la fonction objective F_g , pour cela la méthode qui converge plus rapidement et possède des bons résultats est la méthode la plus favorable pour l'estimation des caractéristique de la décharge.

Le tableau suivant montre cela:

| génération | 4 | 20 | 50 | 100 | 167 | 180 | 200 |
|------------|--------|-------|--------|-------|------------------|-----------|-----------|
| A | 77.3 | 76.6 | 123.2 | 125.3 | 125.0218 | 125.0218 | 125.0218 |
| n | 0.5221 | 0.726 | 0.4883 | 0.419 | 0.41243 | 0.41243 | 0.41243 |
| F_g | 95030 | 33210 | 12910 | 7233 | 6529.8221 | 6529.8221 | 6529.8221 |

Tableau.3. optimisation par AG

Le tableau suivant représenté les constants de l'arc que nous avons obtenues par le méthode algorithmes génétique.

| | |
|----------|-----------------|
| A | 125.0218 |
| n | 0.41243 |

Tableau.4. les valeurs de A et n

III.10.2. Validité des paramètres A et n:

Une investigation dans le présent travail consiste à examiné la validité des paramètres A et n obtenues par les approches des algorithmes génétiques . Pour cela nous avons déterminé les constants de l'arc en utilise les trios profiles en même temps. Puis nous avons test la validité des ces constants pour chaque profil.

Les courbes suivantes représentent la variation de la tension de contournement calculé à l'aide du tableau ci-dessus en fonction de la conductivité pour chacun profile séparément.

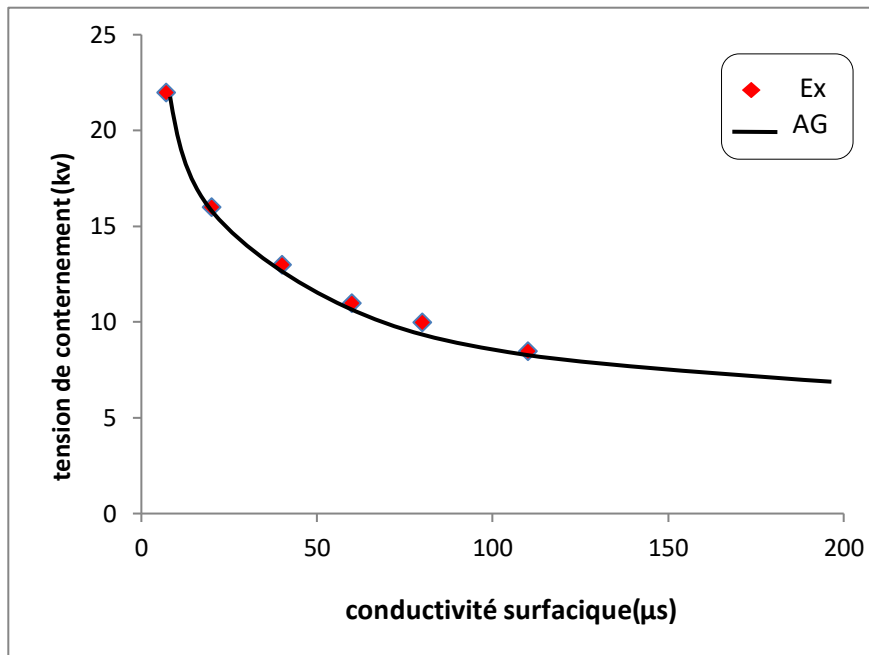


Figure III.6. Tension de contournement en fonction de la conductivité surfacique (profil 1)

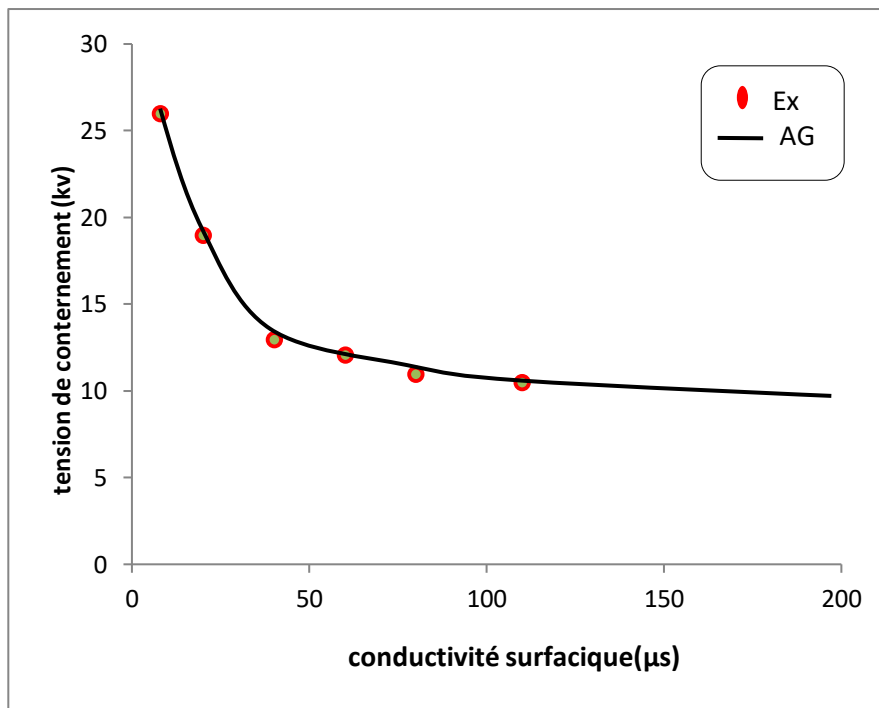


Figure III.7. Tension de contournement en fonction de la conductivité surfacique (profil 2)

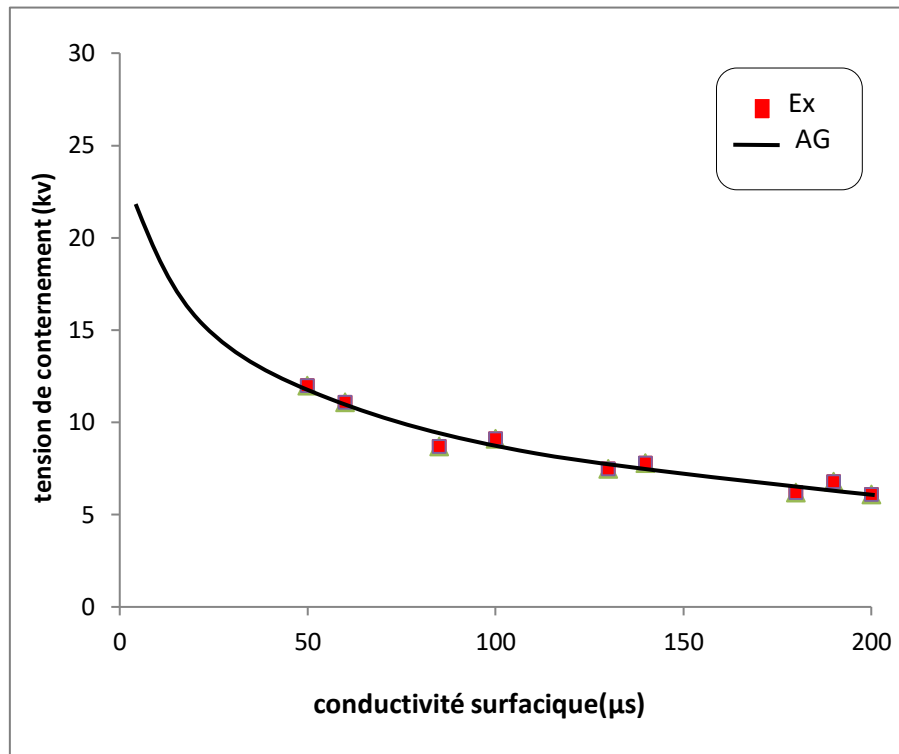


Figure III.8. Tension de contournement en fonction de la conductivité surfacique (profil 3)

D'après les trios figures représentant la variation de la tension de contournement en fonction de la conductivité surfacique, nous remarquons clairement que les valeurs calculées par le modèle mathématique combiné avec la méthode des algorithmes génétiques pour chaque profil de l'isolateur sont en bon accord avec les valeurs expérimentales.

III.11.Conclusion:

L'application du modèle mathématique ayant ses paramètres identifiés en utilisant l'approche génétique à codage réel sur des différents types des isolateurs montre un accord satisfaisant entre les résultats calculés et les données expérimentales.

L'utilisation des valeurs dérivées des constantes de l'arc ne permet pas seulement les caractéristiques qualitatives, mais aussi la description quantitative du comportement diélectrique de l'isolateur pollué, fournissant ainsi aux utilisateurs un modèle d'isolateur pollué d'application générale.



CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GÉNÉRALES

Le phénomène de pollution résulte de diverses origines ; on peut en citer trois ; naturels, industriels et mixtes. Quelle que soit la source de pollution, on observe toujours une formation d'une couche électrolytique due à l'humidification d'un dépôt de pollution accumulé progressivement sur la surface des isolateurs. Selon les contraintes auxquelles l'isolateur est soumis, trois cas essentiels peuvent se présenter :

- ✓ Arc non localisé.
- ✓ Arc fixe.
- ✓ Le contournement d'une surface isolante polluée.

La tension de contournement d'un isolateur pollué dépend essentiellement de la conductivité du dépôt polluant 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.

Pour la détermination de la tension de contournement des isolateurs, il est important et nécessaire d'estimer le degré de sévérité de la pollution.

Après avoir examiné les concepts fondamentaux et les informations d'ordre générales sur les isolateurs et le phénomène de pollution ainsi que l'influence du milieu extérieur sur la vie des isolateurs, nous avons mené une recherche bibliographique qui nous a permis d'explorer les principaux modèles statiques et dynamiques, ainsi que de citer certains mécanismes et critères de propagation de la décharge.

La plupart des modèles traitent le problème de manière statique et reposent sur modèle proposé par Obenhaus.

L'application du modèle ne nécessite que les caractéristiques géométriques de l'isolateur, la conductivité du polluant et les constantes de l'arc. Par conséquent, la détermination des constantes de l'arc permet le calcul des conditions critiques pour l'embrasement général.

La comparaison des résultats montrent une très bonne concordance entre les essais expérimentaux sur des plusieurs isolateurs et celles calculées.

CONCLUSION GÉNÉRALES

La validité des résultats obtenus montre que cette méthode a été appliquée avec succès et que son utilisation dans ce domaine peut donner un plus aux recherches visant à limiter le défaut du contournement et améliorer le bon fonctionnement des isolateurs.



REFERENCE
BIBLIOGREPHIQUE

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] A. Kara, "Contribution à l'étude d'un modèle dynamique de contournement d'un isolateur pollué", mémoire magistère en électrotechnique, Université Ferhat Abbas Sétif, 2013.
- [2] M. Aguets et M. Lanz : « Isolant, isolation et système d'isolation, Traité d'électricité. ». Volume XXII, Haute Tension, presses polytechniques et universitaires romandes ; 1990.
- [3] 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.
- [4] International Electro technical Commission (IEC), "Artificial Pollution Tests on High-voltage Insulators to be Used on D.C. Systems", Technical Report 1245, 1993.
- [5] 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.
- [6] S. Flazi, A. Ouis and N. Boukhenoufa "Resistance of Pollution in Equivalent Electric Circuit of Flashover" IET Gener, pp. 183-188, January 2007.
- [7] 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.
- [8] T. Matsumoto, M. Ishi, T. Kawamura, "Optoelectronic measurement of partial arcs on contaminated surface", IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul., Vol. 19, pp 531-548, 1984.
- [9] ShahabFarokhi, "Mecanismes de propagation de l'arc électrique a la surface de glace ", These de doctorat, UQAC, Quebec, Canada, Decembre 2010.
- [10] T.C Chen and H.I.M. Nour, "A study on Profile of HVDC Insulators", IEEE Trans.onElect.Insul, Vol.24, No. 1, pp.113-117, Februray1989 glace ", These de doctorat, UQAC, Quebec, Canada, Decembre 2010.
- [11] P. Claverie and Y. Porcheron, "How to Choose Insulators for Polluted Areas", IEEE Trans. Dielectric. Electra. Insult., Vol. 92, N° 3, pp. 1121-1131, 1973.
- [12] Rabah CHAARANI " Etude de l'influence des caractéristiques des isolateurs sur leurs performance électriques dans des conditions de givrage" thèse doctorat, Université du QUÉBEC, 2003.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- [13] Le Roy et Cie, "Les propriétés diélectriques de l'air et les très hautes tensions", Collection de la direction des études et recherches d'électricité de France, Paris 1984.
- [14] Y. Guehrrar "Elaboration d'un Modèle Dynamique de Contournement d'un Isolateur Pollué sous Tensions Alternative et Impulsionnelle " Mémoire de Magister laboratoire de haute tension, école nationale polytechnique d'Alger. Juin 2007/2008.
- [15] F. Obenaus, "*Fremdschichtüberschlag und Kriechweglänge* ", Deutsche Elektrotechnik, Vol. 4, pp. 135 - 136, 1958.
- [16] R.Sundararajan, R.S.Gorur, " Role of Non Soluble Contaminants on the Flashover Voltage of Porcelain Insulators", IEEE Trans. On Diel. & Elec .Insul. Vol.3, No2, April 1997.
- [17] N. Dhahbi, "Modélisation Dynamique des Décharges sur les Surfaces d'Isolateurs Pollués sous Différentes Formes de Tensions: Elaboration d'un Critère Analytique de Propagation", Thèse de Doctorat de l'Ecole Centrale de Lyon, France, 1998.
- [18] N. Dhahbi - Megriche, A. Beroual and L. Krahenbuhl, "*A New Proposal Model for Polluted Insulators Flashover* ", Journal of Physics D: Applied Physics, (30), N° 5, pp. 889- 894, March 1997.
- [19] B. F. Hampton, "Flashover Mechanism of Polluted Insulation", Proc. IEE, Vol. 111, nr .5, pp. 985-990, May 1964.
- [20] N. Dhahbi - Megriche, Beroual, "Flashover Dynamic Model of Polluted Insulators Under AC Voltage", IEEE Trans. on Diel. and Elect. Insul. Vol. 7, N° 2, pp. 283 – 289, April 2000.
- [21] R. Wilkins and A. A. J. Al-Baghdadi, "Arc Propagation Along an Electrolyte Surface", Proc IEE, Vol.118, No. 12, pp. 1886-1894, December 1971.
- [22] A. M. Rahal and C. Huraux "Flashover Mechanism of High Voltage Insulators", IEEE, Trans. on Power Apparatus and Systems, Vol.98, No. 6, pp. 2223-2230, 1979.
- [23] S. Flazi, "Etude du Contournement Electrique des Isolateurs Haute Tension Pollués Critère d'Elongation de la Décharge et Dynamique du Phénomène", Thèse de Doctorat d'Etat, Université Paul Sabatier, Toulouse, 1987.
- [24] P. Claverie et Y. Percheron : «La pollution des isolateurs, les phénomènes de pollution des isolateurs et l'isolement des ouvrages en régions polluées». RGE, tome 82, n°3, Mars 1973.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- [25] G. Peyregne, « Etude en régime dynamique du contournement par décharges de surfaces rendues faiblement conductrices » thèse de docteur ingénieur à UPSToulouse ,1981.
- [26] M. A. B. El-Koshairy et F. A. M. Rizk : « Comportement des isolateurs des lignes de transport à THT dans des conditions de pollution désertique», Cigré, 33-05, 1978.
- [27] A.Derkaoui, « Etude de la validité d'un nouveau modele expérimental du contournement des isolateurs haute tension polluée »USTO, 2004.
- [28] Publication IEC 71-2, "Insolation Coordination, Application Guide", Seconde Edition, 1976.
- [29] S.Baudot-Roux. "Algorithmes évolutionnaires, hybridation" cf. ,PARCFD'99, Surveys on Mathematics 2000, Eurogen 97, 98, 99.
- [30] P. Lucidarme. "Apprentissage et adaptation pour des ensembles de robots réactifs coopérants". Proc. ICRA '02, Washington, 2002.
- [31] Souquet Amédée and Rad et Francois-Gérard *ALGORITHMES GENETIQUESTE de fin d'année Tutorat de Mr Philippe Audebaud Soutenu le 21/06/2004 devant la commission composée de : S. Julia P. Aude baud G. Dufay.*
- [32] D.Beasley et R. Martin, "An Overview of Genetic Algorithms":Part 2, department of Computing Mathematics, University ofWales College of Cardiff, CF2 4YN, 1993.
- [33] A. Nabonne. "Algorithmes évolutionnaires et problèmes inverses", chapitre 8, juin 2004.
- [34] N.Benahmed,"Optimisation de réseaux de neurones pour la reconnaissance de chiffres manuscrits isolés: sélection et pondération des primitives par algorithme génétique". Université du Québec ,2002.
- [35] O. GUENOUNOU, « *Méthodologie de conception de contrôleur intelligents par l'approche génétique-application à un bioprocédé* », thèse de doctorat, univiersité de Toulouse III- Paul Sabatier, France, 2009.
- [36] D.E. Goldberg, « *Algorithmes génétiques. Exploration, optimisation et apprentissage automatique* », Addison-Wesley. France, 1994.
- [37] Z. Michalewicz, « *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs*», Springer-Verlag, London, 1996.
- [38] K.F. Man, K .S .Tang et S. Kong, « *Genetic algorithms: Concepts and applications*», IEEE Transaction on industrial electronics 43, 519–534, 1996.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- [39] C.J. Wu et G.Y. Lin, « *Design of fuzzy logic controllers using genetic algorithms* », In: Proceedings of IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics. 6, 104–109, 1999.
- [40] K. Deep et M. Thacker, « *A new crossover operator for real coded genetic algorithms* », *Applied Mathematics and Computation*, 2007.
- [41] K. Deep et M. Tahkur, « *A new mutation operator for real coded genetic algorithms* », *Applied Mathematics and Computation*, 2007.
- [42] R. SIVARAJ, « *A review of selection methods in genetic algorithm* », *International Journal of Engineering Science and Technology, IJEST*, 3(5), 2011.
- [43] Y. Collette et P. Siarry, « *Optimisation Multi objectif* », Edition EYROLLES, Paris.
- [44] David E. Goldberg. “Algorithmes génétiques Exploitation, optimisation et apprentissage automatique”. Addison-Wesley, France, SA, 1994.
- [45] Youssef Harrat. “Contribution à l’ordonnancement conjoint de la production et de la maintenance : Application au cas d’un job Shop”. Thèse de Doctorat, L’U.F.R des Sciences et Techniques, Université de Franche-Comté, 2003.
- [46] Darwin, C. (1859). *On The Origin of Species by Means of Natural Selection or the Preservation of Favored Races in the Struggle for Life*, Murray, London. (in Dréo, J., Pétrowski, A., Siarry, P. et Thaillard, E. (2006). *Met heuristics for Hard Optimization*, Springer 2006).
- [47] Goldberg, E.E. (1989), *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*, Addison Wesley, Reading, MA.
- [48] Drée, J. (2004), *Adaptation de la méthode des colonies de fourmis pour l'optimisation en variables continues. Application en génie biomédical*, thèse de doctorat 2004, université Paris12.
- [49] E.S. Gopi, *Algorithm Collections for Digital Signal Processing Applications Using Matlab*, Springer, 2007.
- [50] P. S. Ghosh and N. Chatterer, “Arc propagation over Electrolytic Surfaces under Power Frequency Voltage”, *IEEE Trans. Dielectric. Electric. Insult.*, Vol.3, No. 4, pp. 529-536, August 1996.
- [51] X. Chen, “Mödling of Electric al Arc on IEC Surfaces”, Thèse de Doctorat, UQAC, Ecole Polytechnique de Montréal, Québec, Canada, Février 2000.
- [52] M. Marich, H.Hadi, “Calcul de la tension de contournement par la méthode de l’analyse dimensionnelle”, Icel’05, USTO, Oran. 2005.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- [53] Woodson H. H. and McElroy A. J., "Insulators with Contaminated Surfaces Part II: Modeling of Discharge mechanisms", IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul., Vol. PAS-89, No. 8, pp. 1858-1867, 1970.
- [54] S.Hesketh, "General Criterion for the Prediction of Pollution Flashover", Proc IEE, Vo.114, No. 4, pp.531-532, April 1967.
- [55] R. Wilkins, "Flashover Voltage of High Voltage Insulators with Uniform Surface-Pollution Films", Proc. IEE, Vol. 116, pp. 457-465, 1969.
- [56] I.F. Gonos, F.V. Topalis and I.A. Stathopoulos, "A model for the determination of the dielectric strength of non-uniformly polluted insulators", Int. Conf. on Power and Energy Systems: Las Vegas, USA, pp. m 472-476, 8-10 Nov.1999.
- [57] R.J. Xavier and Y.N. Rao, "Study of surface conductivity and E.S.D.D. on contaminated porcelain insulating surfaces", Presented at 5th international symposium on High voltage engineering, Braunschweig Vol.11, Paper 51.12.1987.
- [58] Y. Collette et P Siarry, « *Optimisation Multi objectif* », Edition EYROLLES, Paris.
- [59] Belhouche khaled, Estimation des paramètres de l'arc de contournement des isolateurs pollués en utilisant l'approche génétique, université Ferhat ABBAS de Sétif.
- [60] zegnini, Estimation of Arc Parameters for Pollution Flashover of High Voltage Insulators, 2008.
- [61] I.A.Stathopoulos, dielectric and F.V.Topalis, I.F.Gonos, Genetic algorithm approach to the modeling of polluted insulators IEE, 2002.
- [62] I.F.Gonos, F.V. Topalis, L.A. Stathopoulos, Genetic Algorithm Approach to the Modelling of Polluted Insulators, IEE, 2002, pp. 373-376.
- [63] J. Zhang, M. Farzaneh, Propagation of AC and DC Arcs on Ice Surfaces, IEEE, 7, pp. 269- 276 (2000).
- [64] P.S. Ghosh, N. Chatterer, Polluted Insulator Flashover Model for AC Voltage, University Calcutta, India, IEEE, 2, pp. 128-136, 1995.
- [65] 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, USTOMB, 2007.
- [66] M.E. Slama, A. Beroual, H. Hadi, Analytical Computation of Discharge Characteristic Constants and Critical Parameters of Flashover of Polluted Insulators, IEEE, 2010, pp.1764-1771.



ANNEXES

ANNEXES

Function de fitness (objective) :

```
function y =Fitness(x)
Param_Insulators=[25.4 30.5 0.70 0.02 22.0
                  25.4 30.5 0.70 0.05 16.0
                  25.4 30.5 0.70 0.10 13.0
                  25.4 30.5 0.70 0.16 11.0
                  25.4 30.5 0.70 0.22 10.0
                  25.4 30.5 0.70 0.30 8.50

                  25.4 43.2 0.92 0.02 26.0
                  25.4 43.2 0.92 0.05 19.0
                  25.4 43.2 0.92 0.10 15.0
                  25.4 43.2 0.92 0.16 13.0
                  25.4 43.2 0.92 0.22 12.0
                  25.4 43.2 0.92 0.30 10.5

                  25.4 27.9 0.68 0.13 12.0
                  25.4 27.9 0.68 0.16 11.1
                  25.4 27.9 0.68 0.23 8.70
                  25.4 27.9 0.68 0.28 9.10
                  25.4 27.9 0.68 0.34 7.50
                  25.4 27.9 0.68 0.37 7.80
                  25.4 27.9 0.68 0.49 6.20
                  25.4 27.9 0.68 0.52 6.80
                  25.4 27.9 0.68 0.55 6.10];

%load traindatafit.dat
%load Param_Insulators.dat
Dm=Param_Insulators(:,1);
L=Param_Insulators(:,2);
F=Param_Insulators(:,3);
cp=Param_Insulators(:,4);
Um=Param_Insulators(:,5)*1000;
% Kc=0.12.*L+2.43;
% m=0.325;
% Um=Kc.*esdd.^(-m)*1000;
x(1)=[ ];
x(2)=[ ];
sigm = (369.05*cp+0.42)*1e-6;
R=0.469*(pi*x(1)*Dm.*sigm).^(1/(2*(x(2)+1)));
K=1+(x(2)+1)./(2*pi*F*x(2)).*log(L./(2*pi*R.*F));
Uc=(x(1)/(x(2)+1)).*(L+pi*x(2)*Dm.*F.*K).*((pi*x(1))*Dm.*sigm).^(-
x(2)/(x(2)+1));
% y=sum(abs(UMM-Uc))
y=sum(abs(Um-Uc));
end
```

Remarque: utilise par (Optimization Tool en MATLAB)

Les valeurs adoptées pour les paramètres de(AG):

- ✓ La taille de la population (population size $N=20$);
- ✓ Probabilité de mutation (Mutation probability $P_m=1\%$);
- ✓ Probabilité de croisement (crossover probability $P_c=0.9$);
- ✓ Le nombre Maximal de générations $g_{max}=200$;
- ✓ Number de bits; (Number of genes in a chromosome $N_b=20$);

