

## INTRODUCTION

Les isolateurs utilisés dans les lignes aériennes haute tension jouent un rôle essentiel dans le transport d'énergie électrique. Les isolateurs sont pollués là où ils sont exposés aux environnements sales (naturels, industriels et mixtes). Il est connu que les agents polluants déposés sur l'isolateur posent des problèmes lorsque la surface de l'isolateur devient humide à cause de la pluie, du brouillard ou de la rosée et la couche de pollution devient conducteur. Pour examiner ce phénomène, de nombreux travaux ont été élaborés. [4-5]

Dans cette partie, nous présentons quelques travaux et recherches récemment effectués dans le domaine de la pollution des isolateurs.

### I.1. Prédiction de la tension de contournement d'un isolateur haute tension en utilisant l'intelligence artificielle

Les auteurs Y.B et les autres ont effectué des études sur la prédiction de la tension de contournement d'un isolateur en utilisant l'intelligence artificielle (IA). des tests pratiques ont été effectués sur un isolateur haute tension afin de collecter une base de données utilisée dans le système mise en œuvre du concept d'intelligence artificielle. Ces tests ont été réalisés pour différents niveaux de pollution artificielle (eau distillée saline). Chaque niveau de pollution présente une quantité de pollution artificielle, en millilitres, dans chaque jupon (zone) de l'isolateur[6].

#### I.1.1 Dispositif Expérimental

La station de test et l'objet d'essai utilisés sont illustrés par la figure 1 et 2

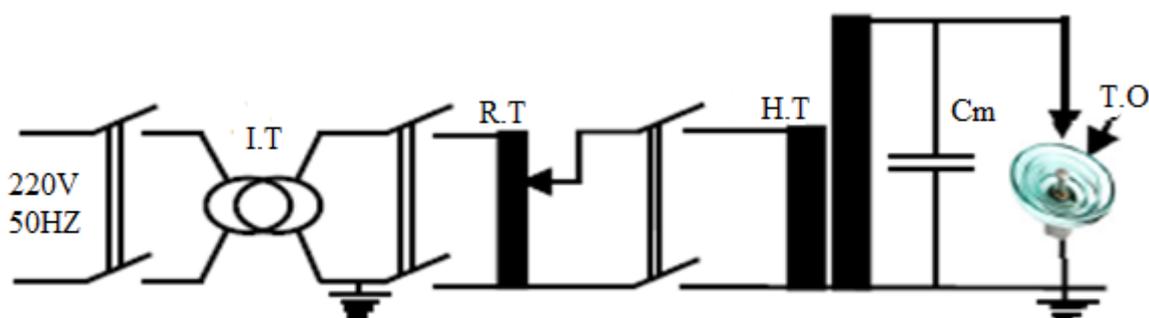


Figure I.1 Montage expérimental

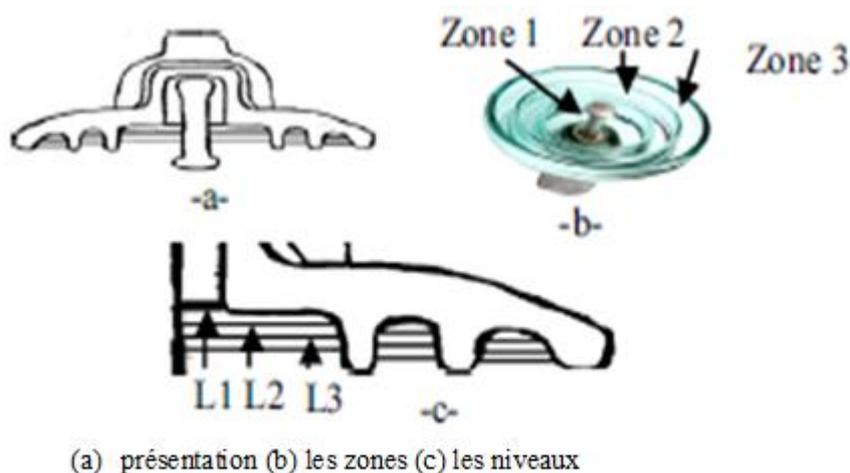


Figure I.2 présentation, les zones et les niveaux de pollution d'isolateur

Tableau I.1 Zones polluées et niveaux de pollution artificielle

Niveaux de pollution	Zones		
	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Niveau 1 (ml)	11.6	13.3	23.3
Niveau 2 (ml)	23.3	26.6	46.6
Niveau 3 (ml)	34.9	39.9	69.9

L'augmentation de la tension appliquée provoque la propagation d'arcs aléatoires dans la direction de l'électrode opposée. Si la tension est encore augmentée, l'arc continue au hasard leur développement jusqu'à ce qu'ils occupent la surface totale de l'isolateur; donc, le contournement se produit. Après chaque test, la surface de l'isolateur est nettoyée par l'alcool isopropylique et rincé par l'eau distillée, afin d'éliminer toute trace de saleté ou de graisse. Les tests sont effectués cinq fois pour différentes valeurs de conductivité de la solution saline introduite dans chaque jupon. La valeur considérée de la tension de contournement est la valeur moyenne des cinq tensions de contournements mesurés.

### I.1.2. Prédiction de la tension de contournement en utilisant la logique floue

Les auteurs ont remarqué au cours des tests que la décharge électrique (arcs aléatoires) se développe en augmentant la valeur de tension appliquée. Elle occupe un certain pourcentage de la surface de l'isolateur au début de son développement. Ce pourcentage augmente avec l'augmentation de la tension appliquée, jusqu'à 100%, un contournement de la surface d'isolateur se produit. Pour cette raison, ils ont choisi une sortie de leur FIS, qui est le pourcentage d'occupation de la surface isolante par la décharge électrique. La conductivité

artificielle de la pollution, la tension appliquée et les quantités de pollution artificielle dans chaque zone sont considérées en tant qu'entrées. Ces entrées ne présentent que les paramètres influençant sur le contournement d'isolateur.

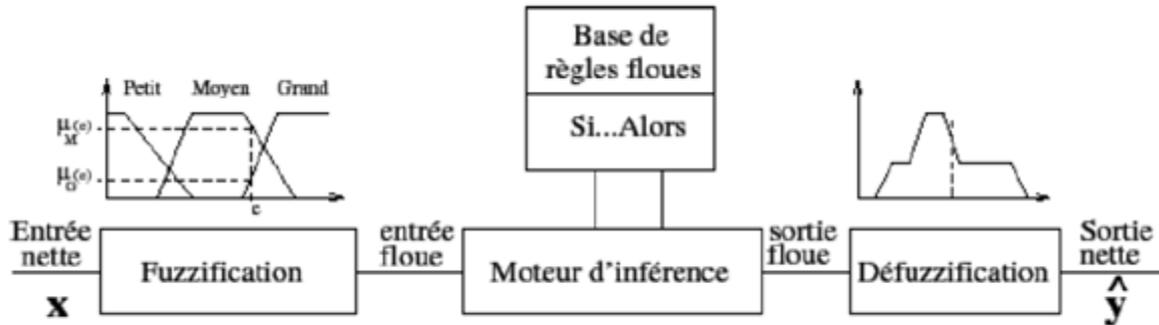


Figure I.3. Système d'inférence flou (SIF)

Tous les variables d'entrées et de sorties de SIF utilisés et leur univers de discours sont montrés par les figure I.4 et I.5. système d'inférence flou

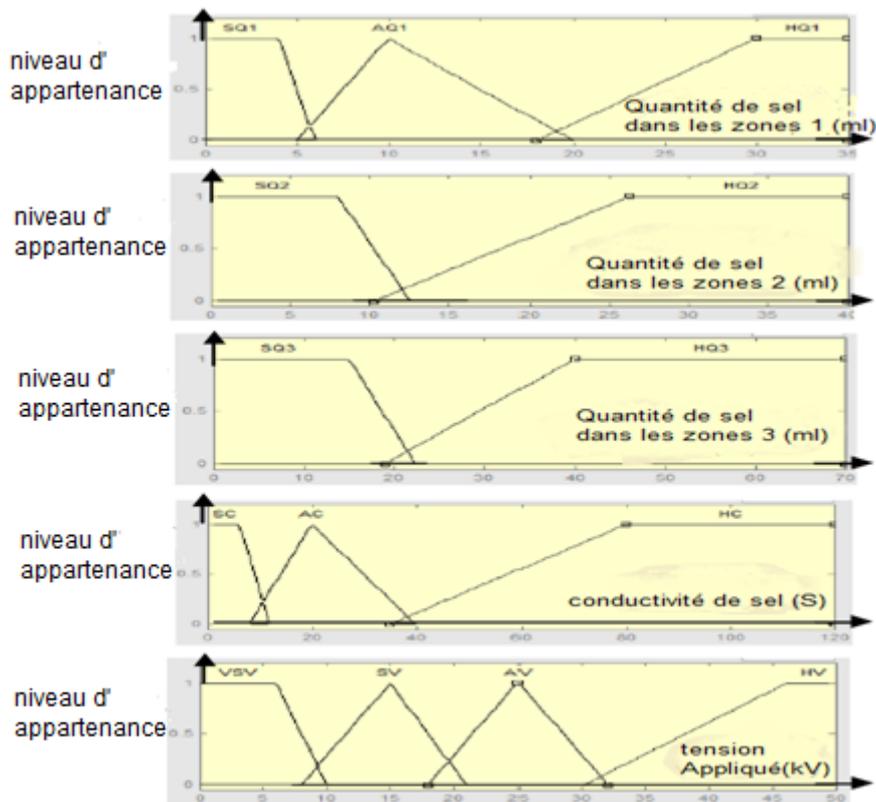


Figure I.4. Les entrées de SIF

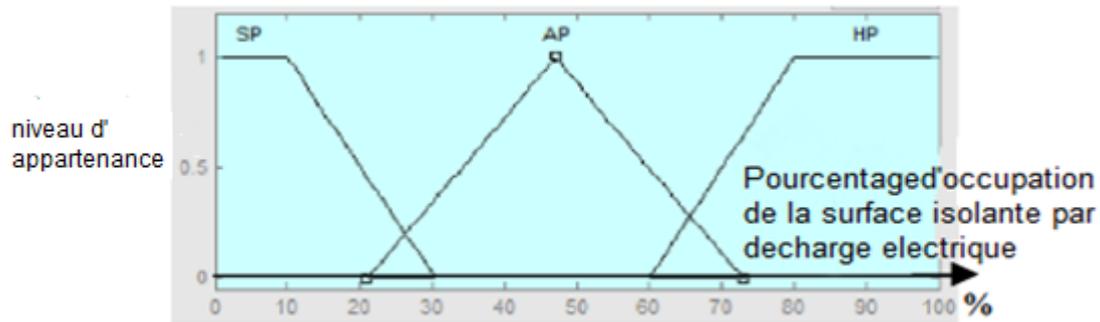


Figure I.5 la sortie de SIF

### I.1.3. Établissement de règles floues (règles linguistiques)

Il n'existe pas de méthode systématique pour établir les règles de système flou (règles d'inférence). L'expertise humaine est nécessaire pour déterminer les paramètres principaux du système flou. [7]

Il est important de noter que les variables linguistiques données dans le tableau I.2 sont choisis pour simplifier la représentation linguistique de chaque variable d'entrée ou de sortie. Pour la sortie, ils ont changé les variables linguistiques dans le tableau pour fournir une explication pratique du résultat obtenu. Comme le concept logique Floue calcule, à sa sortie, le pourcentage d'occupation de la surface isolante des arcs aléatoires.

Tableau I.2 Règles d'inférence (règles linguistiques)

		SC			AS				HS			
IN1		SV	AV	HV	VSV	SV	AV	HV	VSV	SV	AV	HV
IN2		SQ1 AQ1 HQ1										
IN3		SQ1 AQ1 HQ1										
IN4		NNN	NNN	NNC	NNN	NNN	NNN	CCC	NNN	NNN	NNC	CCF
SQ3		HQ2										
SQ2		NCC	CCC	CCF	NNN	NNN	NCC	CCF	NNN	NNC	CCF	FFF
HQ3		HQ2										
SQ2		NCC	CCC	FFF	NNN	NNN	CCC	CCC	NNN	NNC	CCF	FFF
HQ2		NCF	FFF	FFF	NNN	CCC	CCF	FFF	NNN	CCF	FFF	FFF

Les auteures ont utilisé des règles linguistiques (inférence) suivantes:

SP: faible pourcentage d'occupation de la surface isolante, AP: pourcentage d'occupation moyen de la surface isolante, HP: pourcentage d'occupation élevé de surface isolante.

-Tension appliquée VSV: Très petite tension, SV: Petite tension, AV: tension moyenne, HV: haute Tension.

-Quantité de solution saline (pollution artificielle) SQ: Petite quantité de solution saline, AQ: quantité moyenne de solution saline, HQ: grande quantité de solution saline

-Conductivité de la solution saline (pollution artificielle) SC: faible conductivité de la solution saline, AV: moyenne conductivité de la solution saline, HC: conductivité élevée de solution saline. Il convient de noter que les premiers résultats obtenus pour les règles linguistiques et adhésion proposées initialement choisies les formulaires entraînent un pourcentage plus élevé de prédictions incorrectes que ceux corrects par rapport aux résultats pratiques. ils ont ajusté les règles linguistiques et la fonction d'appartenance formulaires pour améliorer les résultats.

Le tableau I.2 contient les meilleurs règles linguistiques, qui ont donné le nombre maximal de corriger les résultats de prédiction. Ce même tableau montre les variables linguistiques utilisées pour les cinq entrées mentionnées (In1, In2, In3, In4 et In5) et ceux de la sortie mentionnés au milieu de tableau. In1 indique la conductivité de la pollution artificielle, In2 indique la tension appliquée, et In3, In4 et In5 indiquent, respectivement, la quantité de solution saline dans la zone 1, zone 2 et zone 3. Le tableau 2 simplifie les règles d'inférence. le les règles peuvent être exprimées sous la forme suivante:

- Si In1 est SC et In2 est AV et In3 est AQ1 et In5 est SQ3 et In4 sont HQ2 alors la sortie est CR .

- Si In1 est SC et In2 est AV et In3 est AQ1 et In5 est HQ3 et In4 est HQ2 alors la sortie est F

- «N» en tant que variable linguistique pour indiquer que rien se passe sur la surface de l'isolateur. Ceci est appliqué pour arcs aléatoires occupant moins de 30% du total surface isolante.

- «C» en tant que variable linguistique pour indiquer que la décharge électrique occupent 30 à 80% de la surface isolante.

- «F» comme variable linguistique pour désigner le contournement d'isolateur. Ceci est pour des arcs aléatoires occupant 80 à 100% de la surface totale de l'isolant.

### I.1.4. Prédiction de la tension de contournement en utilisant réseau de neurones

Les auteurs ont utilisé un réseau de neurones multicouches perceptron (MLP). Les neurones sont disposés en succession couches. Le premier est appelé la couche d'entrée, et le dernier est appelé la couche de sortie. Toutes les autres couches entre ces couches sont appelées couches cachées. Plusieurs paramètres peuvent influencer sur le contournement de l'isolateur. le perceptron multicouche (MLP) est le plus utilisé dans les études de prédiction [8,9,10]. Dans cette étude, ils n'ont considéré que la conductivité de la pollution et la quantité de pollution dans chaque zone d'isolateur. La structure générale du réseau de neurones utilisé dans leur étude est illustrée par la Figure. I.6.

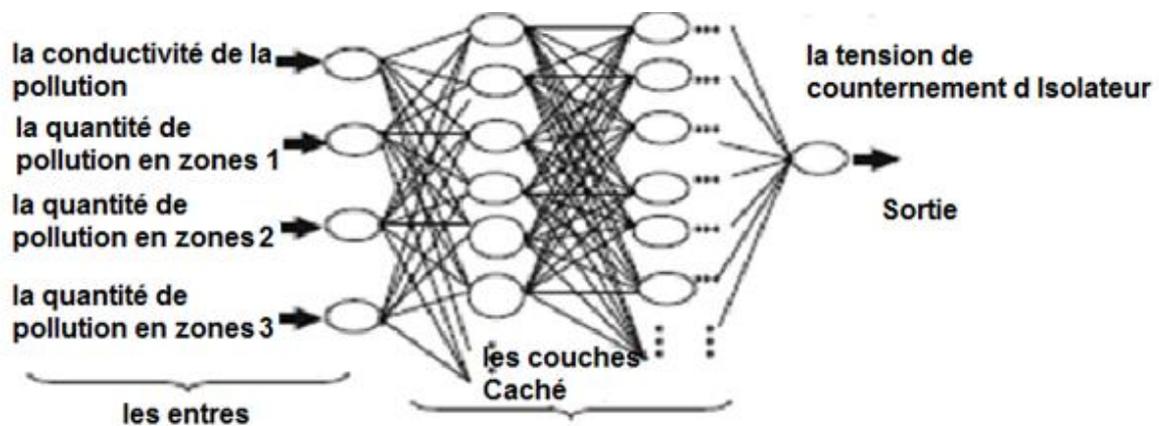


Figure I.6 Structure de réseau de neurones

### I.1.5. Mise en œuvre du modèle RNA

La simulation de concept RNA est réalisée à l'aide du logiciel réseaux de neurones, NNTOOL, une interface graphique disponible dans le logiciel MATLAB. Cette interface nécessite la définition de l'architecture du réseau, les entrées et sortie, nombre de couches cachées et nombre de neurones par couche, formation et fonction de performance.

(A) Architecture de réseau choisi par les auteurs est "Feed-Forward Backprop" de perceptron multicouche.

(B) Les entrées sont représentées par une matrice de quatre lignes contenant les valeurs de quatre paramètres considérés. La première ligne contient la conductivité de la pollution; les deuxième, troisième et quatrième lignes contiennent les quantités de pollution dans chaque zone respectivement. La sortie est donnée par un vecteur contenant les valeurs de tension de contournement mesurées.

(C) NNTOOL propose trois fonctions d'activation, mais ils en ont utilisé deux: le transfert sigmoïde fonction (Logsig) pour les couches cachées et 'purelin' pour la couche de neurones de sortie.

(D) En théorie, il n'y a pas une méthode exacte pour déterminer les couches cachées et nombre de neurones par couche nécessaire. Dans cette étude, les auteurs ont appliqué une méthode simple pour les déterminer, ce qui sera détaillé dans ce travail.

(E) dans cet article, ils ont utilisé "Trainlm" comme fonction de formation et "learnngdm" en tant qu'apprentissage une fonction. L'erreur quadratique moyenne (MSE) est utilisée comme fonction de performance pour vérifier les performances du réseau pendant l'entraînement.

Pour déterminer le nombre de couches et de neurones cachés par couche, ils ont effectué une série de tests en faisant varier le nombre de couches cachées et de neurones par couche, et ils ont vérifié la valeur MSE comme indiqué dans le tableau I.3. La meilleure architecture sera celle qui donnera les meilleures performances. Le nombre maximum d'itérations considéré est égal à 1000, et le MSE est égal à  $10^{-4}$ . La variation du nombre de neurones dans le cas de deux couches montre que l'erreur diminue quand ils augmentent le nombre de neurones par couche cachée, mais il reste supérieur à la valeur fixée. Pour le cas de trois couches, ils ont constaté une diminution significative dans l'erreur de 6 neurones par couche, et il devient moins que la valeur souhaitée à 8 neurones par couche. Les paramètres finaux de leur RNA sont présentés dans le tableau I.4.

**Tableau I.3** Détermination des couches et des neurones

Nombre de couches	Nombre de neurones	Erreur
2	2	0.017
	4	0.010
	6	0.0041
	8	0.004
	10	0.004
3	2	0.01
	4	0.003
	6	0.0002
	8	$9.99 \cdot 10^{-5}$
	10	$9.4 \cdot 10^{-5}$

**Tableau I.4** Paramètres de réseau de perceptron multicouches

Paramètres de réseau	Nom et valeurs
Type de réseau	Feed-forward back prop
Données d'entrée	4*200
Données de sortie	1*200
Fonction de performance	MSE =0.00001
Les couches cachées	3
Neurones par couches	8
Fonction de formation	Levenberg-Marquardt
Fonction d'adaptation	Learnngdm
Fonction de transfert	Logsig pour les entres
	Purline pour les sorties

### I.1.6. Formation et performance de l'RNA

La formation RNA est une étape très importante dans le concept RNA la mise en œuvre. Une meilleure performance d'entraînement indique meilleure utilisation de concept de prévision RNA

(A) Après la création de leur RNA, ils le forment en utilisant la formation fenêtre montrée à la Figure I.7.

(B) l'erreur est réduite après plusieurs époques de formation, comme le montre la figure I.8 , mais elle commence à augmenter sur les données de validation à 58 époques, où la validation de la performance atteint une valeur minimale (MSE = 0,007719). La meilleure performance est prise de cette époque et la formation continue jusqu'à ce que arrêté après 339 itérations, lorsque  $MSE < 10^{-4}$ .

(C) Les résultats de la régression sont donnés par la Figure I.9. Les cercles en noir représentent les valeurs souhaitées, l'axe des abscisses représente les valeurs souhaitées de tension de contournement et l'axe des ordonnées donne les valeurs calculées de la tension de contournement en utilisant le RNA. Il convient de noter que la base de données est subdivisé en 3 parties; l'un est utilisé pour la formation, le second pour la validation et le dernier pour le test de réseau. La figure I.9 montre quatre courbes, qui représente la corrélation entre chaque type de données et les données souhaitées correspondantes. La ligne en pointillé chaque axe représente le résultat idéal ( $R = 1$ ).

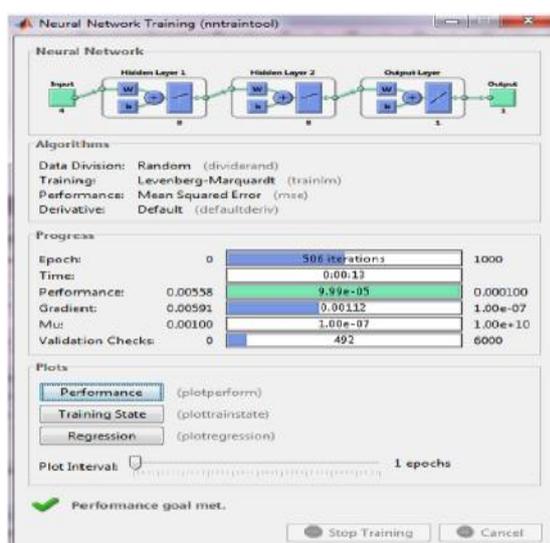


Figure I.7 Fenêtre de formation

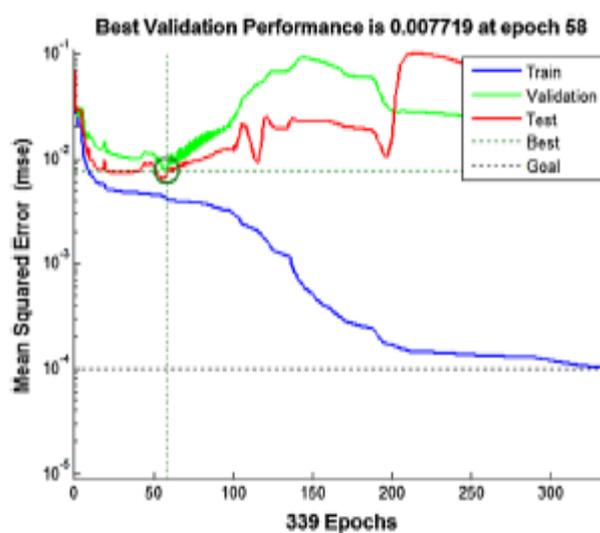


Figure I.8 Courbes de performance

Le trait plein représente la droite de régression linéaire la mieux ajustée entre les sorties et les données cibles (calculé tension de contournement égale aux valeurs cibles). Selon la figure I.6, la formation de notre réseau est parfaitement réalisée, puisque la valeur de R est approximativement égale à 1 dans le type de courbe à quatre régressions.

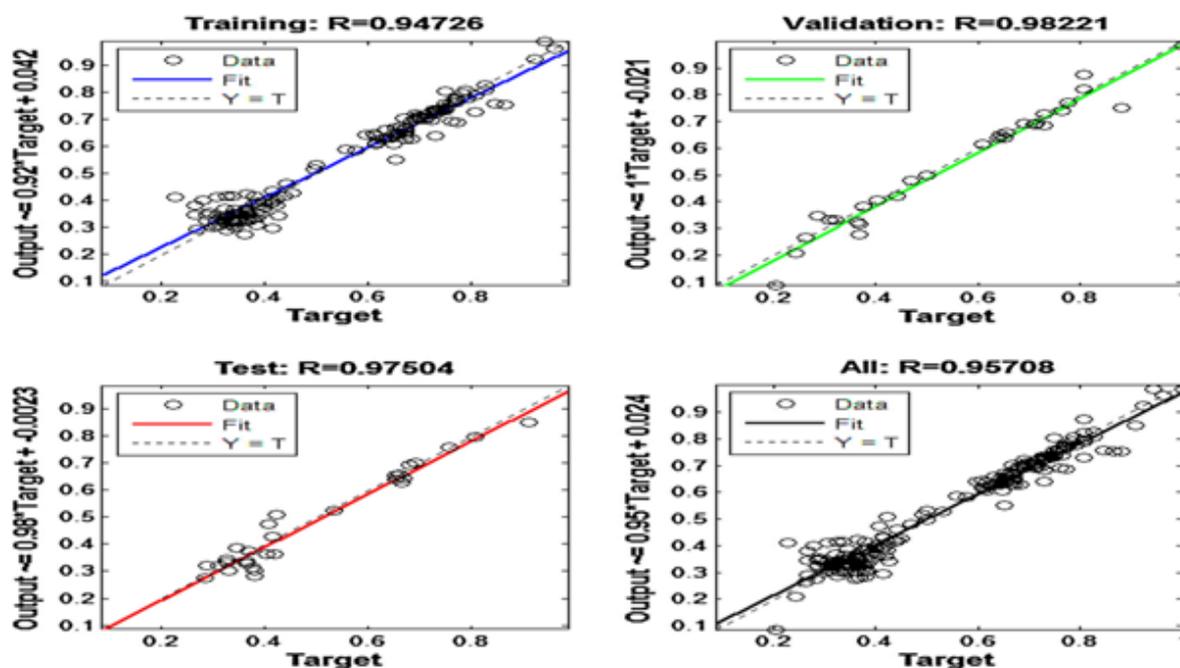


Figure I.9 Résultats de régression

Tableau I.5 Résultats obtenus

Zones conductivité (g/ml)	Zone 1 (ml)	Zone2 (ml)	Zone3 (ml)	Tension appliqué	Test pratiques	Etat d'isolateur prédire par LF	Tension de contournement prédite par Réseau neurone		
							Tension de contournement calculé	Erreur (%) absolu	Etat d'isolateur
7.5	11.6	13.3	23.3	45.8	Contournement	Contournement	45.8	0.00	Contournement
	23.3	26.6	46.6	39.7	Contournement	Contournement	39.7	0.00	Contournement
	34.9	39.9	69.9	34.8	Contournement	Contournement	34.8	0.00	Contournement
20	34.9	39.9	69.9	23	Contournement	Contournement	24	4.00	Contournement
	23.3	26.6	46.6	26	Contournement	Contournement	26.5	1.00	Contournement
	11.6	13.3	23.3	34	Contournement	Contournement	34	0.00	Contournement
50	7.2	15	10	19	Contournement	Contournement	20	5.00	Contournement
	4.1	19.4	33.2	19.7	Contournement	Contournement	19.7	0.00	Contournement
	5.5	7.5	14	17.5	Contournement	Contournement	17.6	0.50	Contournement
80	11.6	13.3	23.3	39.5	Contournement	Contournement	39.6	0.20	Contournement
	23.3	26.6	46.6	36.2	Contournement	Contournement	36.2	0.00	Contournement
	34.9	39.9	69.9	33.7	Contournement	Contournement	33.7	0.00	Contournement
100	8.2	38.8	67.4	39.4	Contournement	Contournement	39.4	0.00	Contournement
	14.4	30	20	38	Contournement	Contournement	38.1	0.20	Contournement
	10.1	15	28	35	Contournement	Contournement	35	0.00	Contournement
120	11.6	13.3	23.3	38.5	Contournement	Contournement	38.5	0.00	Contournement
	23.3	26.6	46.6	35.4	Contournement	Contournement	35	1.10	Contournement
	34.9	39.9	69.9	33.6	Contournement	Contournement	33.7	0.30	Contournement

### **I.1.7. Résultats et Discussions**

Le tableau I. 5 montre la prédiction de la tension de contournement de l'isolateur trouvé par LF et RNA, comparés aux résultats pratiques

- Les résultats montrent clairement que LF a un grand pouvoir de prédire le contournement d'isolateur étudié. Le bon choix des paramètres FIS (variables d'entrée et de sortie, le nombre et formes des fonctions d'appartenance, règles d'inférence, etc.) conduit aux meilleurs résultats.

- Le concept RNA proposé calcule les valeurs de tension de contournement d'isolateur, connaissant la conductivité de pollution artificielle et la quantité de pollution dans chaque zone d'isolateur.

- Il existe une similitude suffisante entre les résultats obtenus en utilisant le concept RNA et les résultats pratiques. Ceci montre l'efficacité du type RNA et des paramètres d'entraînement choisi dans cette étude.

- LF prédire l'état de surface d'isolateur, compte tenu de la tension appliquée aux électrodes et les niveaux de pollution artificielle et la conductivité.

### **I.2 Estimation du niveau de pollution des isolateurs haute tension en porcelaine et en verre en utilisant la méthode de réseau de neurones**

Dans des environnements difficiles, tels que ceux trouvés dans Arabie saoudite, le lavage périodique des isolateurs qui est une nécessité d'assurer la continuité d'une alimentation est très coûteux. L'estimation précise de la gravité de la contamination peut aider les services publics d'électricité à planifier correctement ce type de lavage et ainsi réduire les frais de lavage et empêcher le contournement des isolateurs [11]. Cet article présente un algorithme de réseau de neurone qui éliminera le besoin d'intervention humaine pour déterminer le moment et l'emplacement des isolateurs qui nécessite le nettoyage.

Des échantillons d'isolateurs Pollués en Verre et porcelaine ont été collectés auprès de Saudi Aramco et Société électrique Saudienne Electricity Company, ainsi que la Station Electrique de recherche sur les isolateurs Dhahran (DEIRS) à KFUPM. Pour cela, ils ont utilisé l'équipement de la figure figure I.10



Figure I.10 Equipement nécessaire pour le déploiement du processus

### I.2.1 Algorithme d'estimation ESDD proposé

Dans cet article, les auteurs L.M et les autres [12] ont proposé un algorithme efficace basé sur MATLAB pour développer un outil d'estimation du niveau de contamination des isolateurs en verre et en porcelaine. L'organigramme de la Figure I.11 montre les étapes de l'algorithme proposé.

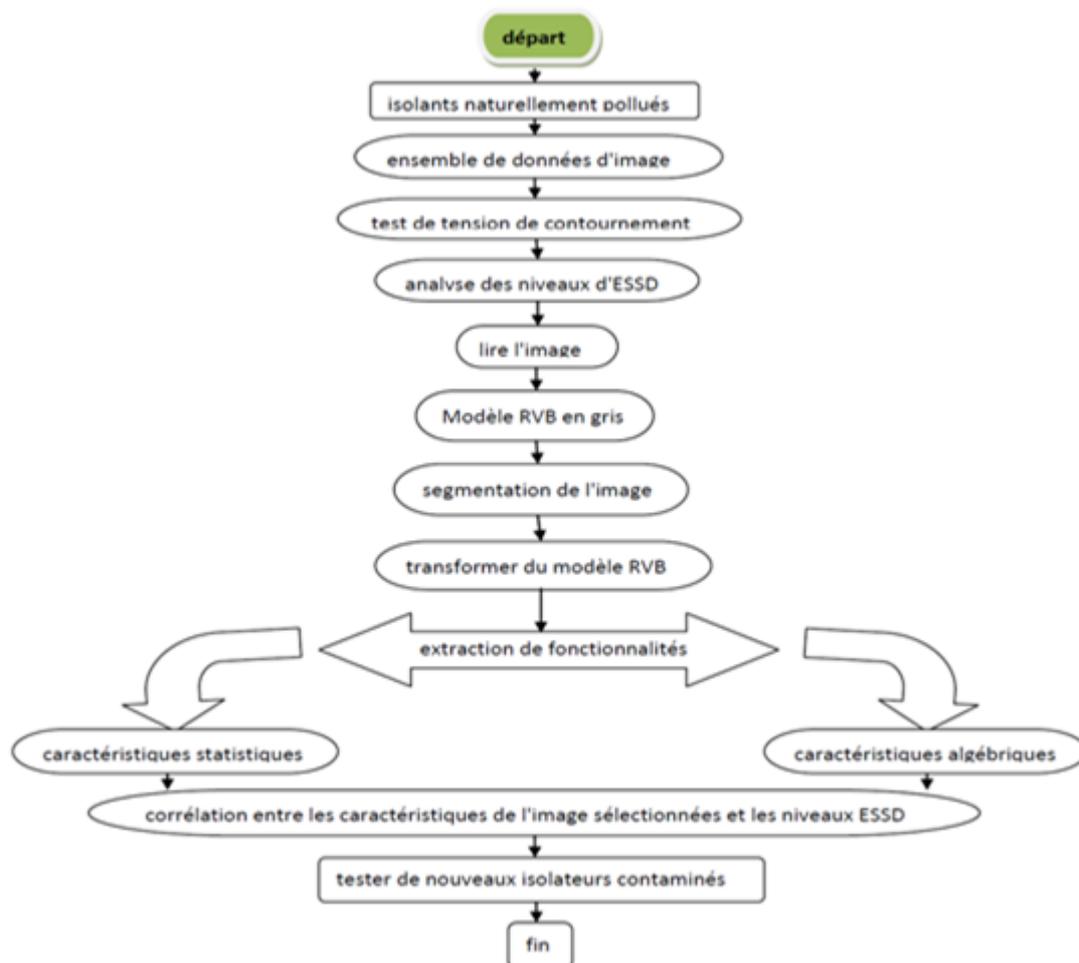


Figure I.11 Organigramme de l'algorithme d'estimation de la contamination proposé

Ils ont utilisé les images et leurs histogrammes de la figure I.12 pour extraire les caractéristiques statiques et algébriques linéaires ainsi que les entrées de réseau de neurone de la figure I.13.

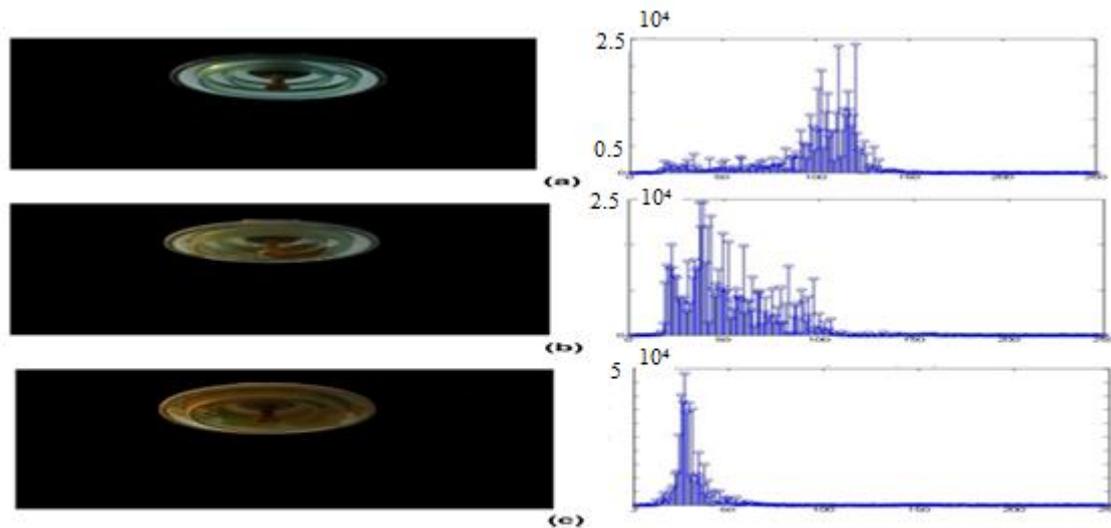


Figure I.12 Images des isolateurs de classe et son histogramme de teinte correspondant

### I.2.2. Conception d'un algorithme d'estimation de la ESDD

Le réseau de neurones multicouche (feedforward) est utilisé pour concevoir un outil capable d'estimer le niveau ESDD des isolateurs pollués. Les images des isolateurs sont les entrées de l'outil et la valeur ESDD est la sortie l'outil. Chaque motif correspond à une image d'isolateur spécifique qui se compose de caractéristiques statistiques et / ou caractéristiques algébriques. Dans cet article, trois scénarios de réseau de neurones sont proposés. Dans le scénario I, les entrées du RN sont les sept statistiques suivantes: la différence, erreur d'histogramme normalisée (ou erreur normalisée), moyenne, variance, asymétrie, kurtosis, et l'énergie. Dans le scénario II, les entrées du réseau de neurones sont les  $m$  décompositions singulières [13]. Le scénario III contient les deux scénarios du réseau de neurones figure I.13

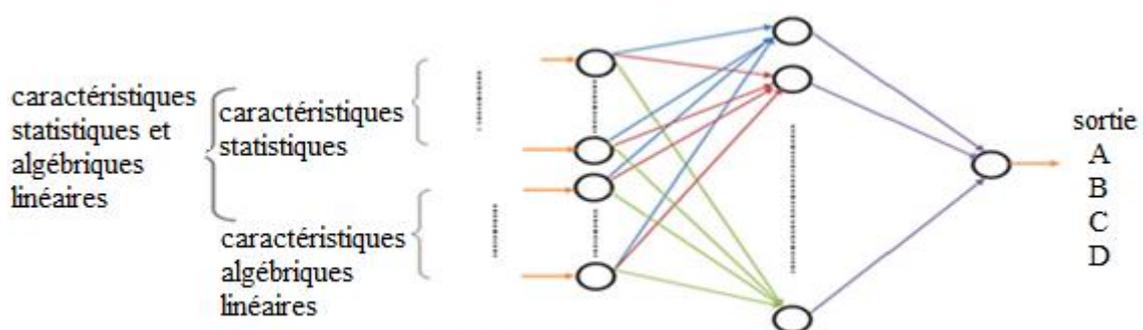


Figure I.13 Structure du réseau neuronal

### I.2.3 Analyse du niveau ESDD des isolateurs collectés

La Commission électrotechnique internationale (CEI) a adopté une méthode standard pour déterminer la ESDD du isolateurs en porcelaine et en verre[14]. En utilisant cette méthode, le niveau de ESDD a été estimé pour les 59 échantillons d'isolateur par le HVL à KFUPM. Tableau I.4 montre les isolateurs pollués collectés niveaux et les valeurs ESDD estimées variait de 0,0001 à environ 0,45 mg / cm<sup>2</sup>. Par conséquent, la contamination a été classée en quatre plages, comme indiqué dans le tableau I.5. Il est existe une relation bien connue entre le niveau de contamination et la tension de contournement tableau I.6.

**Tableau I.6** Valeurs ESDD des isolateurs collectés

Code d'isolateur	ESDD (mg/cm <sup>2</sup> )	Code d'isolateur	ESDD (mg/cm <sup>2</sup> )
5DE	0.2737574	6G	0.1658598
5G	0.0759503	7G	0.1083919
11BE	0.4083126	8G	0.0907294
12B	0.4133858	9G	0.0881737
6AE	0.1700989	10G	0.0357207
1F	0.0220807	10BE	0.4460936
5AT	0.2107419	2H	0.1554117
2F	0.0227236	3H	0.0313867
3F	0.0218988	4H	0.1399967
7A	0.1866296	5H	0.0730316
3DE	0.2893781	6H	0.02727
2D	0.2961539	3G	0.0206601
1D	0.2735361	C1	0.0007128
1G	0.1066041	C2	0.0007435
Clean	0.0009199	C8	0.0008351
C10	0.0009336	C4	0.0008932
C11	0.0007459	C5	0.0009242
C12	0.0008565	C6	0.0007605
C3	0.0006861	C7	0.0007279
4D	0.2765315	8A	0.2002777
6DT	0.3023930	C9	0.0009513
G1	0.00003	G11	0.006103
G2	0.06593	G22	0.089299
G3	0.191391	G33	0.20391
G4	0.14052	G44	0.12552
7H	0.0789019	14B	0.4162485
2G	0.1863462	13BT	0.4468404
4F	0.0234379	9AE	0.1817315
4G	0.0217085	C13	0.0009286
1H	0.0279298		

Tableau I.7 Résultats de RN

Niveau de contamination	ESDD(mg/cm <sup>2</sup> )	Sortie
Faible	ESDD < 0.1	A
Moyenne	0.1 < ESDD < 0.2	B
Fort	0.2 < ESDD < 0.3	C
Très lourd	0.3 < ESDD	D

#### I.2.4. Résultats et Discussions

-Un outil pour estimer le niveau de contamination (valeur ESDD) pour les isolateurs haute tension (verre et porcelaine) a été développé.

-L'algorithme développé a été testé sur des échantillons d'isolateur avec niveau de contamination (ESDD)de 0.0001 jusqu'à 0,45 mg/cm<sup>2</sup>.

- Les caractéristiques extraites ont été utilisées pour former un réseau de neurones avec trois topologies différentes. des caractéristiques statistiques combinée aux caractéristiques algébriques linéaires est la plus efficace.

- La topologie utilisée dans cet article a une efficacité supérieure et ne nécessite aucune intervention humaine pour déterminer le moment et l'emplacement de l'isolateur à laver. En outre, l'algorithme proposé a été utilisé avec succès. déployé et testé à la station à haute tension de King Fahd Université du pétrole et des minéraux.

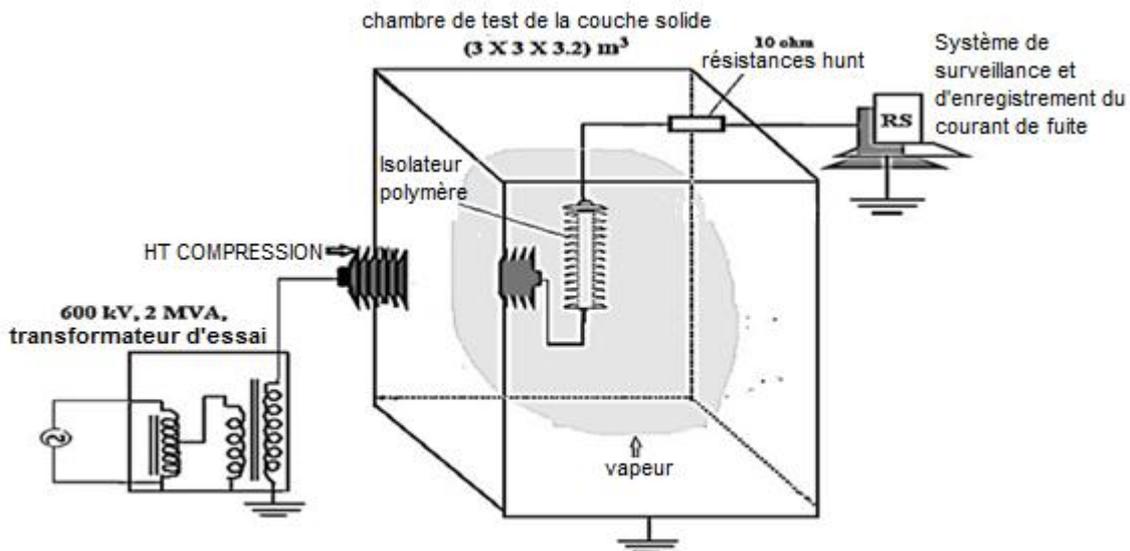
### **I.3 Une méthodologie améliorée de test des Isolateurs en polymères: revêtement de surface et analyse de tension fluctuante sous le test de la couche solide**

L'application des méthodes de test existantes pour tester les isolateurs en polymères sont encore à l'étude des organismes de normalisation en tant que propriété de surface des isolateurs composites sont naturellement hydrophobes. IEC et les groupes de travail du CIGRE ont récemment suggéré une t méthode de test des isolateurs en polymère pollués par couche solide [15,16].

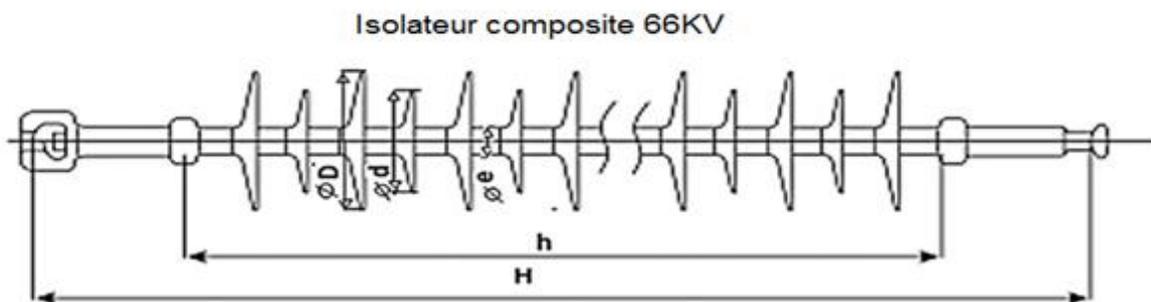
**I.3.1. Configuration d'essai**

Les essais effectués par Pushpa Y, Vasudev Nagaraju et Gobinath [17] ont été menés dans une chambre fermée (3 x 3 x 3.2 m<sup>3</sup>) qui était équipée d'un transformateur d'essai 600 kV, 2 MVA, Isolateurs en polymère à tige longue 66 kV en série avec une résistance de 10 Ohm qui est liée avec un appareil de mesure de courant de fuite figure I.14. L'objet d'essai et ses caractéristiques sont donnés par la figure I.15.

Les isolateurs ont été enduits avec un niveau de gravité élevé avec un ESDD supérieur à 0,5 mg / cm<sup>2</sup>. Les échantillons S1 et S2 ont été soumis au test de résistance comme selon CEI 60507.



**Figure I.14** Schéma du montage de test de la couche solide



<b>H</b>	- longueur de la section	- 1200 mm
<b>h</b>	- longueur de voûte sèche	- 880 mm
<b>D</b>	- diamètre de la nervure plus large	- 156 mm
<b>d</b>	- diamètre de la nervure inférieure	- 138 mm
<b>e</b>	- diamètre de la tige	- 32 mm
	ligne de fuite minimale	- 2800 mm

**Figure I.15** 66 kV, isolant composite

Dans ce travail, une méthode de trempage des isolants dans l'eau dans le cadre pré-conditionnement avant la pulvérisation effective des polluants adopté et l'uniformité du revêtement a été comparée à Procédure de test à la ronde CIGRE. L'analyse critique a été faite sur la perte et la récupération de l'hydrophobicité caractéristiques des isolateurs en silicone et sa capacité à transférer l'hydrophobie à la couche de pollution étaient observé et enregistré sur une période de 15 jours avec la méthode de revêtement proposée. Le test de pollution en couche solide était réalisée sur des isolateurs à tige longue de 66 kV avec le procédure de test et les résultats ont été comparés avec CIGRE procédure. Tension de contournement de 50% (U50%) de l'isolant a été déterminé avant et après le test de résistance pour les deux les méthodes d'essai et l'écart type ont été calculés. le la variation des valeurs de tension de contournement a été calculée avant et après le test de tenue.

### **I.3.2.Mesure d'hydrophobicité des isolateurs composites**

STRI fournit des lignes directrices pour la classification de l'hydrophobicité de surface niveau d'isolants polymères par examens visuels [18, 19] qui classent les niveaux de HC de 1 à 7 impliquant état hydrophobe complet (HC1) à complètement hydrophile état (HC7).. Dans ce travail, cinq échantillons de 66 kV (échantillons S1, S2, S3, S4 et S5), des isolateurs en polymères à tige longue ont été soumis à l'analyse des variations d'hydrophobie avec en ce qui concerne le dépôt de contaminants. Comme mentionné dans CIGRE Procédure de test Round Robin, de la poudre de kaolin sèche a été utilisée pré-conditionner les échantillons pour masquer temporairement leur hydrophobicité, de manière à obtenir une pollution uniforme. L'échantillon S5 a été revêtu selon la procédure CIGRE. Pour obtenir une surface hydrophile plus complète, quatre échantillons des isolateurs (S1, S2, S3 et S4) ont été trempés dans un réservoir d'eau distillée pendant 2 jours. Le changement des niveaux d'hydrophobicité ont été enregistrés. Après une période de 48 h, les isolateurs seront complètement hydrophiles montrant le niveau de mouillabilité de HC7. La perte de L'hydrophobicité due au trempage est illustrée à la figure I.16

La récupération de l'hydrophobie de ces échantillons a été observé en laissant les échantillons sécher dans des conditions ambiantes normales. Une récupération rapide de l'hydrophobie complète dans les 24 à 28 heures a été observée pour les quatre échantillons figure I.17

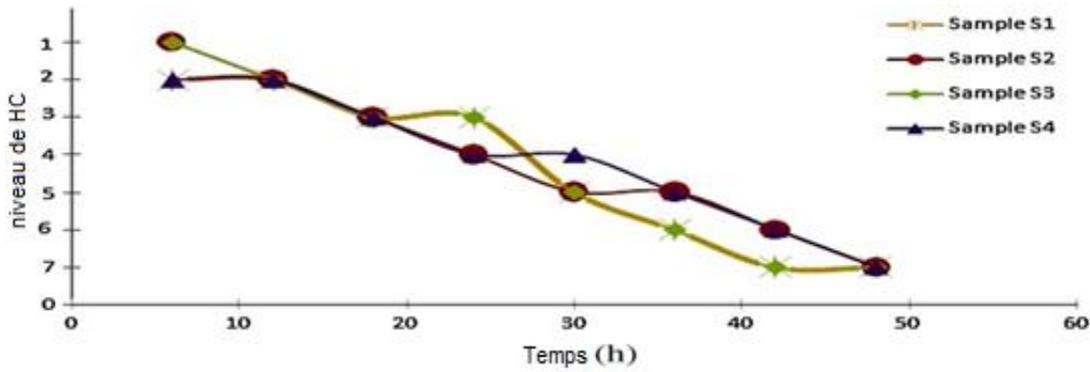


Figure I.16 Perte d'hydrophobicité due au trempage dans l'eau

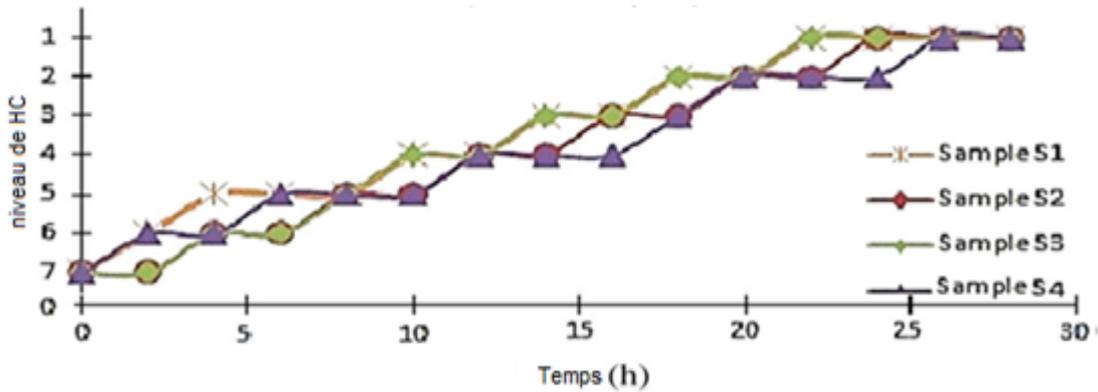


Figure I.17 Récupération de l'hydrophobicité

Le temps de transfert de l'hydrophobie à la couche de pollution dans le cas de kaolin n'est pas sensible à la température ambiante [20]. Pour observer le transfert de l'hydrophobicité à couche polluante de la surface isolante en silicium, les cinq isolants ont été autorisés à sécher dans des conditions ambiantes et les changements d'hydrophobicité ont été observés visuellement périodiquement. Même après 15 jours de temps de récupération, les niveaux d'hydrophobicité de la surface du polluée à peine changé représentant une récupération minimale de l'hydrophobie. La figure I.18 indique le taux de récupération de l'hydrophobicité des échantillons pollués.

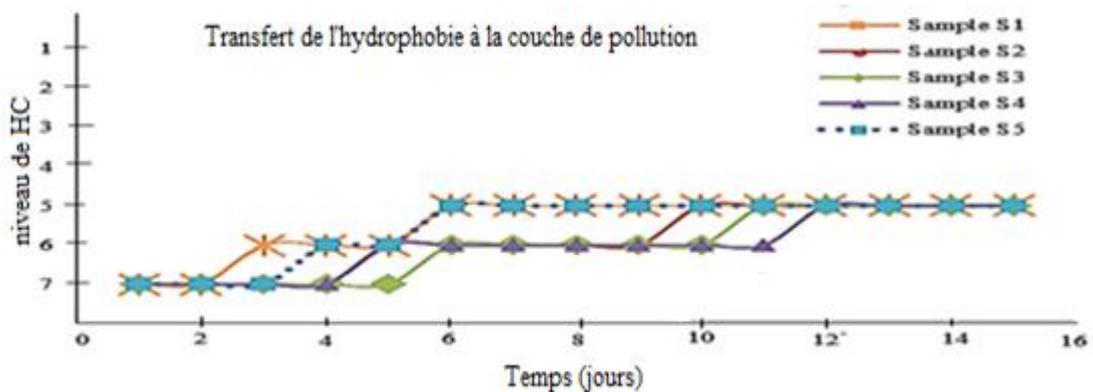


Figure I.18 Transfert de l'hydrophobie à la couche de pollution

L'amélioration du niveau d'hydrophobicité n'a été observé qu'après avoir lavé les isolateurs pollués et en laissant sécher pendant environ 24 h. La figure I.19 montre la comparaison du procédé de revêtement avec CIGRE et la Procédure de revêtement après le trempage.



Figure I.19 (a) Revêtement des échantillons avec la procédure de pré-conditionnement CIGRE. (b) Revêtement des échantillons avec trempage et pré-conditionnement procédure

### I.3.3. Test de pollution en couche solide

Méthode de la couche solide représente l'influence de la pollution sur les isolateurs en service. La figure I.20 montre la comparaison de la méthode d'essai CIGRE et de la procédure d'essai proposée. La méthode de test proposée comprend un test de contournement de 50% continué avec test de résistance et encore suivi par test de contournement sur des échantillons

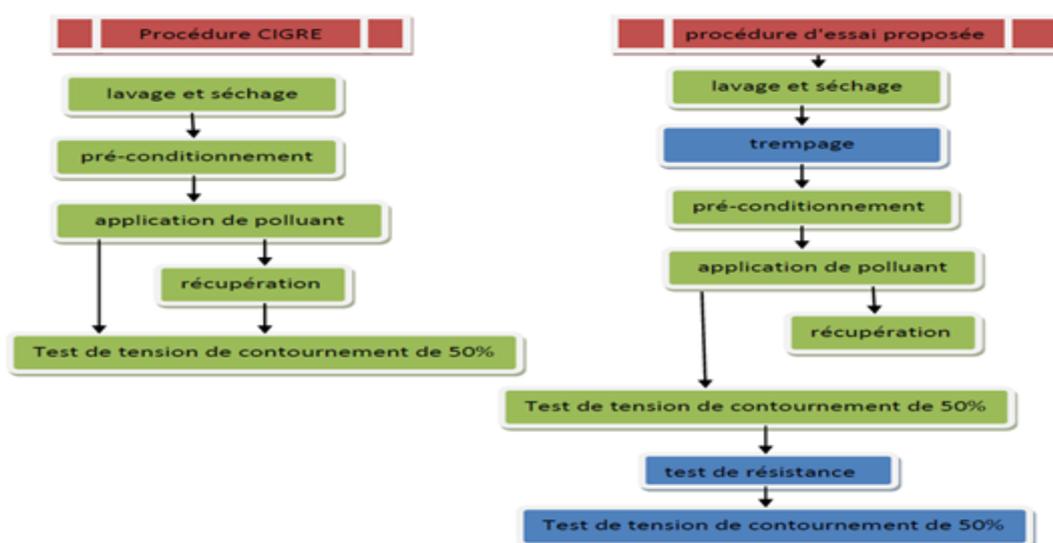


Figure I.20 Différence entre la procédure de test de laboratoire proposée et la procédure de test de CIGRE.

Perceptible une différence a été observée dans l'uniformité de la distribution des polluants sur la surface de l'échantillon S5 par rapport à d'autres échantillons, mais le revêtement a été fait pour avoir hydrophile surface sur tout l'échantillon. Les isolants ont été enduits avec un niveau de gravité élevé avec un ESDD supérieur à  $0,5 \text{ mg} / \text{cm}^2$ . Les échantillons S1 et S2 ont été soumis au test de résistance comme selon CEI 60507.

Pour vérifier les performances de l'isolant polymère sous niveaux de pollution très élevés, les échantillons S1, S2 et S5 ont été soumis au test de résistance à la pollution. Les courants de fuite sur la surface isolante ont été surveillés dans l'hydrophile Etat. Les échantillons S3, S4 et S5 ont été soumis à un contournement de 50% test de tension. L'échantillon S3 a été soumis au test immédiatement après séchage de la couche de pollution, c'est-à-dire sans temps de récupération alors que les échantillons S4 et S5 ont été exposés pour le test après période de récupération de 60 h. 50% de tension de contournement (U50%) était déterminé par la méthode de haut en bas pour tous les isolateurs et l'écart type a été calculé pour le tension de contournement.

**Tableau I.8** Description des échantillons et de la méthode d'essai

Semples	Revêtement polluant	ESDD $\text{mg}/\text{cm}^2$	Test
S1	Procédure de test proposée	0.583	Test de résistance
S2	Procédure de test proposée	0.557	Test de résistance
S3	Procédure de test proposée	0.512	Test de contournement à 50% suivi un test de résistance
S4	Procédure de test proposée	0.566	Test de contournement à 50% avec temps de récupération suivi un test de résistance
S5	Procédure de CIGRE	0.584	Test de contournement à 50% avec temps de récupération suivi un test de résistance

#### **I.3.4. Essai de tenue et de contournement de la couche solide**

Les échantillons S1, S2 et S5 ont résisté à la sévérité pendant trois essais de tension de tenue pendant 100 minutes sans étincelle. Scintillations des bandes sèches ont été observées tout au long de l'essai sur les échantillons, mais aucun étincelage n'a eu lieu. Un courant de fuite d'une magnitude d'environ 200 mA était enregistré et montré à la figure I.21. Il est connu de la norme que, dans la plupart des cas, la perte temporaire de L'hydrophobicité des isolants polymères ne suggère pas remplacement de l'isolateur du service jusqu'à ce que tout physique la destruction a été observée [18].

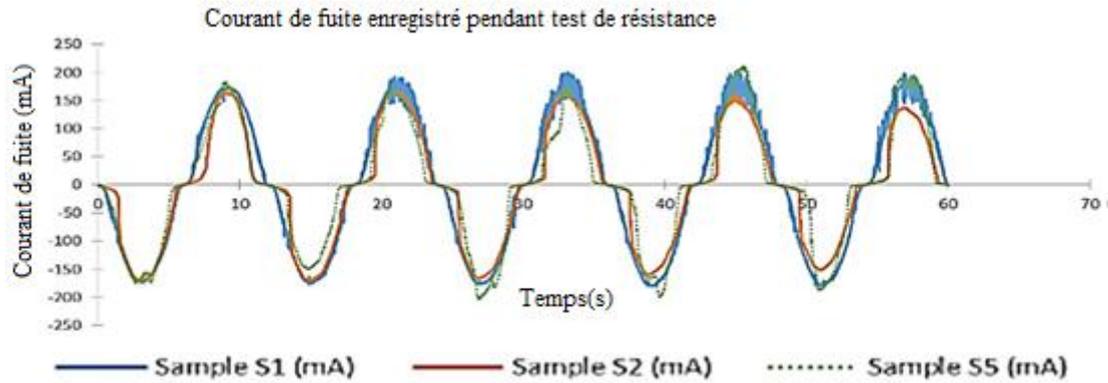


Figure I.21 Courant de fuite enregistré sur l'isolant polymère pendant test de résistance

Ces isolateurs polymères exposés bien résistés à très forte pollution gravité. Une fois les capacités de résistance des isolateurs composites ont été assurées, le test de contournement a été effectué sur Echantillons S3 et S4 pour comparer les performances sans temps de récupération et avec le temps de récupération. La figure I.22 montre l'augmentation des valeurs de tension de contournement de l'échantillon S4 par rapport à S3. Ceci indique l'influence du temps de récupération sur niveau de tension de contournement. En état de service réel, il existe toujours un temps pour récupération de l'hydrophobicité pour les isolants polymères. le processus de mouillage continu peut parfois effacer le pollution, ce qui permet de nettoyer la surface de l'isolant. Considérant cette condition, les deux échantillons S3 et S4 ont été soumis à un essai de tenue à la tension après un essai de contournement. Les isolateurs ont résisté à la sévérité pendant trois 100 min des tests sans contournement même après plusieurs décharges tests. Après le test de tenue, le test de contournement a de nouveau été effectué sur les deux échantillons. Indépendamment de la reprise temps fourni avant la première application de contournement, à la fois les échantillons se sont avérés présenter un contournement presque égal amplitudes de tension

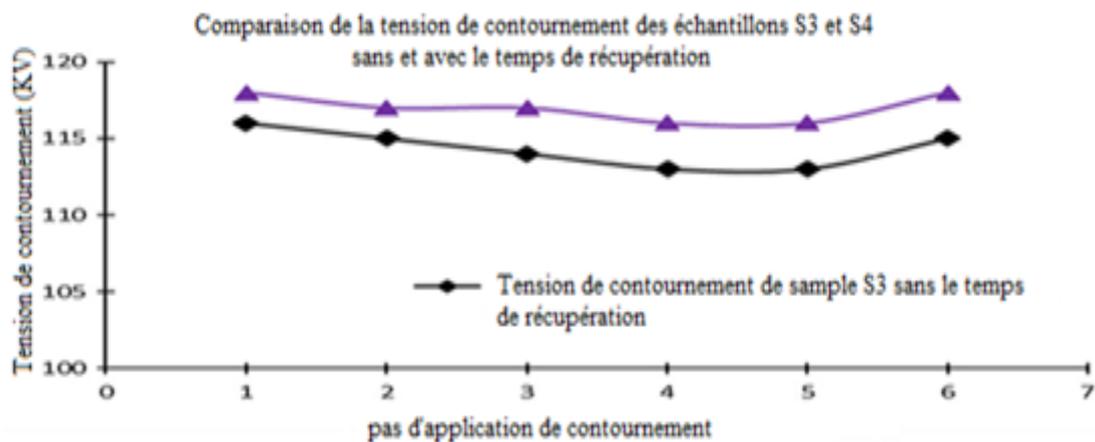


Figure I.22 Comparaison de la tension de contournement des échantillons S3 et S4

Les figures I.23 et I.24 montrent la comparaison résultats du test de contournement avant et après la tenue test de tension pour les échantillons S3 et S4 respectivement

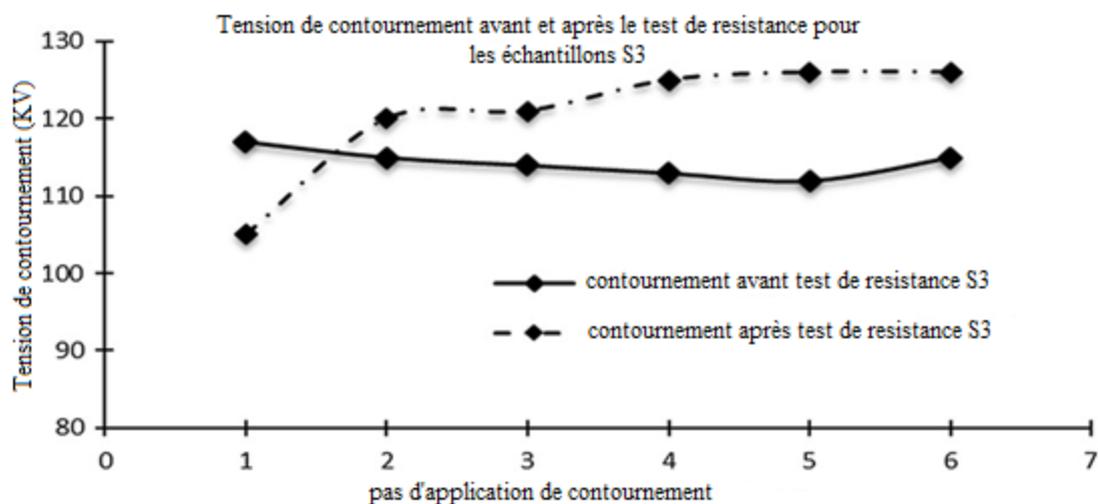


Figure I.23 Tension de contournement avant et après le test de tenue pour les échantillons S3

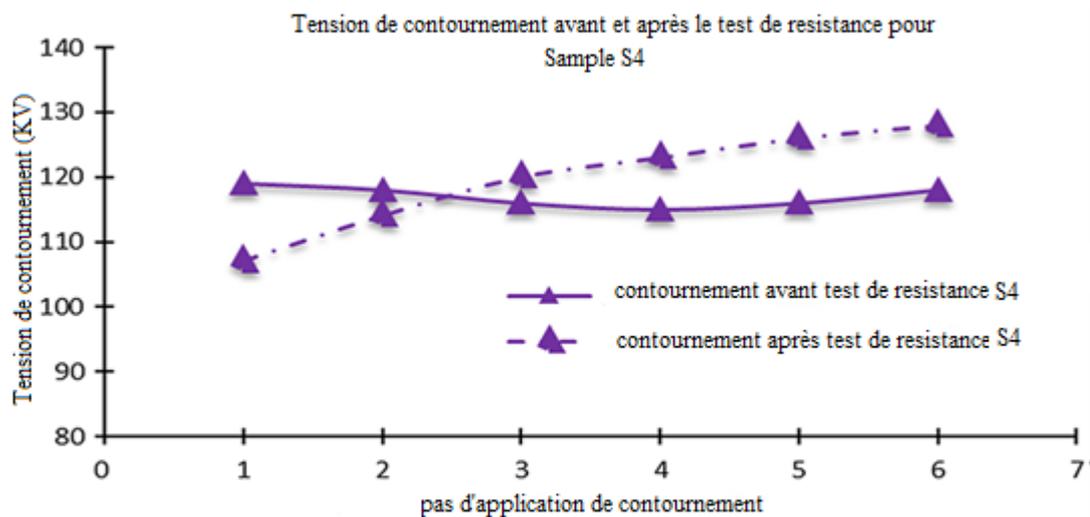


Figure I.24 Tension de contournement avant et après le test de tenue pour les échantillons S4

### I.3.5. Résultats et Discussions

Dans ce travail de recherche, une nouvelle procédure de test est proposée et évalué pour la résistance à la pollution et les performances de contournement d'isolant polymère. À partir des résultats de l'étude et observations, il est conclu que:

1. Tremper l'isolateur dans l'eau pendant 48 h avant le l'application d'un revêtement polluant rend l'isolant complètement hydrophile. Cette méthodologie fournit une base pour un revêtement uniforme dans tout l'isolant.
2. Après avoir appliqué le revêtement polluant et séché à la fois Méthode CIGRE et méthode d'essai proposée, non appréciable le transfert d'hydrophobicité à la couche polluante était observé sur la surface de l'isolateur même après 2 semaines. Ainsi, la reprise risque d'être limitée à l'intérieur du pays. couche polluante seulement.
3. Résultats de la procédure de test CIGRE et proposition procédure de test sont en accord. Mais une notable un écart a été observé dans les valeurs de tension de contournement avant et après le test de tenue avec la procédure CIGRE. Cela peut être dû au nettoyage de la surface isolante de Échantillon S5 dû au mouillage pendant le test de tenue. Considérant que le lavage des polluants est lent pour Sample S4 en raison de la meilleure adhérence du polluant à la surface en raison de trempage.
4. Variation en centiles des valeurs de tension de contournement environ 5% à la fois pour CIGRE et proposé procédure de test montrant une augmentation de 5% du contournement tension après test de tenue. La poursuite des travaux sur un échantillon de grande taille reconfirmera la efficacité du revêtement modifié suggéré dans cette travail de recherche.

## Conclusion

La synthèse bibliographique de quelques travaux antérieurs effectués dans le présent chapitre nous permet de prédire de la tension de contournement des isolateurs polluants dans le domaine de la haute tension par utilisation de l'intelligence artificielle pour planifier correctement le remplacement ou lavage périodique des isolateurs et ainsi réduire les frais de lavage et empêcher le contournement des isolateurs qui est une nécessité d'assurer la continuité d'une alimentation

Enfin, l'intelligence artificielle (la logique Floue et réseaux de neurones) des outils très efficace et suffisant pour prédire la tension de contournement des isolateurs