CHAPITRE.IV

Prédiction de la décharge en utilisant la logique floue

| IV.1. Inti | roduction : | 36 |
|------------|---|----|
| IV.2. Les | s résultats obtenus : | 36 |
| IV.3. Dét | finition des entrées et sorties : | 37 |
| IV.4. For | nctions d'appartenance : | 38 |
| IV.4.1. | Fonction d'appartenance de la distance : | 38 |
| IV.4.2. | Fonction d'appartenance de la tension : | 39 |
| IV.4.3. | Fonction d'appartenance de l'angle de la pointe : | 40 |
| IV.4.4. | Fonction d'appartenance de la sortie : | 40 |
| IV.5. L'i | nférence floue : | 42 |
| IV.6. Dét | fuzzification : | 43 |
| IV.7. Véi | rification et validation : | 44 |
| IV.7.1. | Vérification : | 44 |
| IV.7.2. | Validation : | 45 |
| IV.8. Con | nclusion : | 45 |

IV.1. Introduction

Dans ce chapitre on va détailler la méthode proposée pour la prédiction de la décharge électrique dans l'air en utilisant la logique floue. L'utilisation de la technique de la logique floue nous a permet d'avoir un système numérique qui peut prédire la décharge électrique en utilisant un raisonnement floue. Ce raisonnement flou nous a aidés à obtenir des résultats comme sera détailler durant ce chapitre sans passer par un modèle mathématique pour étudier cette décharge. La difficulté d'obtenir un modèle mathématique qui peut traduire l'évolution de la décharge électrique dans le domaine de la haute tension a obligé plusieurs chercheurs d'introduire des différentes analyses et méthodes pour étudier tel sujet. Dans notre travail on a fait appel à la « technique de la logique floue » basé sur l'utilisation d'un système floue pour prédire la décharge électrique dans un système pointe-plan. Ce modèle à base de la logique floue a donné des bons résultats comme présenté dans ce chapitre. La base de donnée utilisées pour créer la table d'inférence a été collecté à partir des tests qu'on a réalisés au laboratoire de la haute tension à l'université de Biskra. Durant ce chapitre on présentera les étapes de la création et d'utilisation un système flou pour prédire la décharge électrique dans une pointe négative-plan. A noter que le système flou proposé durant cette étude a été simulé sous Matlab en utilisant l'interface de la logique floue disponible sur le logiciel.

IV.2. Les résultats obtenus

Dans le laboratoire on a essayé de mesuré les tensions de claquage d'un système pointeplan pour 3 déférentes pointes et 5 déférentes distances.et on détaillera les résultats qu'on a eus dans ce qui suit. Donc l'objectif de notre travaille premièrement est d'arriver à obtenir les mêmes résultats en utilisant le système floue et de généraliser cette technique pour prédire d'autre résultats qui sont irréalisable au laboratoire ce qui montre la robustesse du système floue proposé. A noter que beaucoup paramètres influant sur la décharge par leurs variation (comme la pression la température,...) sont négligés dans notre études, puisqu'ils sont considérés constant et les même pour nous tests.

Les résultats obtenus au laboratoire sont organisés dans le tableau suivant :

| D | | | | | 0 | 10 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Pointes | essai | 2 cm | 4 cm | 6 cm | 8 cm | 10 cm |
| | #1 | -34.7 | -60.5 | -81.6 | -96.7 | -114.4 |
| | #2 | -33.8 | -61.1 | -81.8 | -95.9 | -117.7 |
| 7.5 ° | #3 | -33.8 | -61.8 | -82.4 | -98.6 | -114.5 |
| | #4 | -33.9 | -62.8 | -82.7 | -97.1 | -114.6 |
| | #5 | -33.8 | -60.1 | -83.6 | -97.4 | -114.5 |
| | #1 | -34.7 | -62.1 | -83.3 | -100.2 | -124.1 |
| | #2 | -34.9 | -62.9 | -83.3 | -100.9 | -124.2 |
| 15° | #3 | 33.3- | -62.9 | -82.5 | -100.5 | -124.3 |
| | #4 | -34.6 | -61.9 | -83.0 | -100.9 | -124.5 |
| | #5 | -34.5 | -62.5 | -82.8 | -100.7 | -124.0 |
| | #1 | -33.8 | -61.7 | -82.6 | -101.4 | -116.1 |
| | #2 | -34.4 | -64.8 | -88.8 | -101.4 | -121.3 |
| 30 ° | #3 | -34.4 | -65.1 | -88.5 | -108.5 | -125.0 |
| | #4 | -35.1 | -64.1 | -88.6 | -108.4 | -125.0 |
| | #5 | -35.2 | -65.1 | -88.9 | -108.5 | -125.4 |

Tableau IV.1 : Tableau des résultats obtenu

Les étapes de la réalisation du raisonnement flou utilisé pour la prédiction de la décharge électrique dans notre système pointe-plan est expliqué comme suit.

IV.3. Définition des entrées et sorties

On a choisi, la tension, la distance, et l'angle de la pointe comme des entrés pour notre système. Et pour la sortie on a pris le pourcentage de l'effet lumineux (le « glow ») à la tête de la pointe qui aura la valeur 100% au claquage.





IV.4. Fonctions d'appartenance

IV.4.1. Fonction d'appartenance de la distance

Pratiquement, on a utilisé 5 distances différentes (2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm, et 10 cm). Ce sont les distances entre la pointe et le plan. Et pour cela on a choisir les fonctions suivantes pour chaque une comme la suite :

• Distance 2cm :
$$\begin{cases} [0cm, 2cm] = 1 \\ 3.5cm = 0 \end{cases}$$
 trapézoïdale \rightarrow (très petite distance, notée **tpd**)

- Distance 4cm : $\begin{cases} 3 = 0\\ 4 = 1\\ 5 = 0 \end{cases}$ (petite distance, notée **pd**)
- Distance 6 cm : $\begin{cases} 4.3 = 0\\ 6 = 1\\ 7.5 = 0 \end{cases}$ (moyenne distance, notée **mt**)
- Distance 8 cm : $\begin{cases} 7 = 0 \\ 8 = 1 \\ 9 = 0 \end{cases}$ (grande distance, notée **gd**)
- Distance 10 cm : $\begin{cases} 8.5 = 0 \\ [10cm, 12 cm] = 1 \end{cases}$ trapézoïdale \rightarrow (très grande distance, notée **tgd**)

Selon ces fonction, l'entré de notre système sera présenté comme suit :



Figure IV.2 : Fonction d'appartenance de la distance.

IV.4.2. Fonction d'appartenance de la tension

• Tensions [0kv, 15 kv] :
$$\begin{cases} [0kv. 5 kv] = 1\\ 15 kv = 0 \end{cases}$$
trapézoïdale \rightarrow (très faible tension, notée **tft**)
• Tensions [10kv, 25 kv] :
$$\begin{cases} 10 kv = 0\\ 17.5 kv = 1 \text{ triangulaire} \rightarrow \text{ (faible tension, notée ft)}\\ 25 kv = 0 \end{cases}$$

• Tensions [20kv, 55 kv] :
$$\begin{cases} 20 kv = 0\\ 35 kv = 1 \text{ triangulaire} \rightarrow \text{ (très petite tension, notée tpt)}\\ 55 kv = 0 \end{cases}$$

• Tensions [44kv, 76 kv] :
$$\begin{cases} 44 kv = 0\\ 60 kv = 1 \text{ triangulaire} \rightarrow \text{ (petite tension, notée pt)}\\ 73 kv = 0 \end{cases}$$

• Tensions [65kv, 100 kv] :
$$\begin{cases} 65 kv = 0\\ 85 kv = 1 \text{ triangulaire} \rightarrow \text{ (moyenne tension, notée mt)}\\ 100 kv = 0 \end{cases}$$

• Tensions [95kv, 120 kv] :
$$\begin{cases} 95kv = 0\\ [110 kv, 120 kv] = 1 \end{cases}$$
 trapézoïdale \rightarrow (grande tension, notée **gt**)

Pour les tensions, on a utilisé les tensions entre 0 kv jusqu'à 120 kv. Et on a décidé de les divise entre 6 intervalles comme on a vu précédemment. Alors l'entré sera comme cela :



Figure IV.3 : Fonction d'appartenance de la tension.

IV.4.3. Fonction d'appartenance de l'angle de la pointe

Les 3 pointes utilisés, ont les angles suivantes : 7.5°, 15°, et 30° et pour cela on a choisie de prend 3 intervalles :

• angle 7.5° : $\begin{cases} [0^{\circ}, 7^{\circ}] = 1\\ 11^{\circ} = 0 \end{cases}$ trapézoïdale \rightarrow (petite angle, notée **pa**) • angle 15° : $\begin{cases} 8^{\circ} = 0\\ 15^{\circ} = 1 \text{ triangulaire} \rightarrow (\text{moyenne angle, notée$ **ma** $})\\ 22^{\circ} = 0 \end{cases}$ • angle 7.5° : $\begin{cases} 18^{\circ} = 0\\ [30^{\circ}, 35^{\circ}] = 1 \end{cases}$ trapézoïdale \rightarrow (grande angle, notée **ga**)

Donc l'entrée du système sera de la forme suivante :



Figure IV.4 : Fonction d'appartenance de l'angle de la pointe.

IV.4.4. Fonction d'appartenance de la sortie

Le claquage dans notre essai a été représenté par l'effet lumineux (couronne) qu'on vu a la tête de la pointe pendant l'augmentation de la tension d'alimentation. Pendant les essais on a constaté 3 régimes de cet effet montré dans le tableau suivant :

Faible effet couronne Moyenne effet couronne Grand effet couronne Image: State of the state

Figure IV.5 : Déférents niveaux lumineux constatés durant les essais

Donc la division sera en 4 intervalle comme de suite :

•
$$[0\%, 25\%]$$
 : $\begin{cases} [0\%, 15\%] = 1\\ 25\% = 0 \end{cases}$ trapézoïdale \rightarrow (zero glow, notée zg)
• $[20\%, 50\%]$: $\begin{cases} 20\% = 0\\ 35\% = 1 \text{ triangulaire} \rightarrow$ (petit glow, notée pg)
 $50\% = 0 \end{cases}$
• $[45\%, 100\%]$: $\begin{cases} 45\% = 0\\ 70\% = 1 \text{ triangulaire} \rightarrow$ (moyenne glow, notée mg)
 $100\% = 1 \end{cases}$
• $[95\%, 120\%]$: $\begin{cases} 95\% = 0\\ [100\%, 120\%] = 1 \end{cases}$ trapézoïdale \rightarrow (glow, notée g)

La sortie du système aura la forme suivante :



IV.5. L'inférence floue

Dans cette étape on a fait entrée les règles floues qui relié les sous-ensembles d'entrées et sortie. Cette étapes est dans le but de déterminer les relations entre l'ensemble d'entré et la sortie en se basant sur ce qu'on a obtenu comme des résultats en pratique. Le tableau suivant montre les relations entre les entrés et la sortie en termes linguistiques.

| | | tft | ft | Tpt | pt | mt | gt |
|----|-----|-----|----|-----|----|----|----|
| | Tpd | Zg | mg | g | g | g | g |
| | Pd | Zg | Zg | mg | g | g | g |
| ра | Md | Zg | Zg | pg | mg | g | g |
| | Gd | Zg | Zg | pg | mg | mg | g |
| | Tgd | Zg | Zg | pg | mg | mg | g |
| | Tpd | Zg | mg | g | g | g | g |
| ma | Pd | Zg | pg | mg | g | g | g |
| | Md | Zg | pg | mg | g | g | g |
| | Gd | Zg | Zg | pg | mg | mg | g |
| | Tgd | Zg | Zg | pg | mg | mg | g |
| | Tpd | Zg | g | g | g | g | g |
| ga | Pd | Zg | pg | mg | g | g | g |
| | Md | Zg | Zg | mg | g | g | g |
| | Gd | Zg | Zg | pg | mg | g | g |
| | Tgd | Zg | Zg | pg | mg | mg | g |

Tableau IV.2 : Table d'inférence floue de la variation de glow en fonction des entrés

Le tableau précédent nous aide à remplir les règles floues dans notre système. Les opérateurs utilisés dans ce cas sont les opérateurs de type « **Mamdani** ». Donc le moteur d'inférence sera comme ceci :

| 1. If (distance is 2. If (distance is 3. If (distance is 4. If (distance is 5. If (distance is | tpd) and (tension is md) and (tension is f tgd) and (tension is pd) and (tension is t gd) and (tension is t | tft) and (angle is pa ft) and (angle is pa tft) and (angle is pa ft) and (angle is pa ft) and (angle is pa | () then (glow is zg) (1) then (glow is zg) (1 () then (glow is zg) (1) then (glow is zg) (1) then (glow is zg) (1 | 1) []) [] 1)) |
|---|---|--|--|-----------------------------|
| 6. If (distance is 7. If (distance is 8. If (distance is 9. If (distance is 10. If (distance is | gd) and (tension is t pd) and (tension is t tgd) and (tension is md) and (tension is s tpd) and (tension is | ft) and (angle is ma ft) and (angle is ma fft) and (angle is ma fft) and (angle is ma tft) and (angle is r |) then (glow is zg) (1) then (glow is zg) (1 a) then (glow is zg) (a) then (glow is zg) (na) then (glow is zg) | 1) 1) 1) (1) . |
| f distance is | and tension is | and angle | is | Then glow is |
| rpd md tgd gd gd | tft tpt pt mt gt | none | | 29 Pg mg g none |
| none not Connection – O or | Weight: | not | | not |
| or and | 1 | Delete rule | Add rule Chan | ge rule |

Figure IV.8 : Table des règles d'inférences sous matlab

IV.6. Défuzzification

Dans cette étape, le système flou utilise la méthode du centre de gravité pour la défuzzification. Cette méthode a été expliquée dans le chapitre précédent. La figure cidessous montre la fenêtre des règles sous Matlab où on peut choisir nos entrés pour que le système nous prédit des résultats.



Figure IV.9 : Fenêtre qui montre un exemple des étapes de la défuzzification sous Matlab.

IV.7. Vérification et validation

IV.7.1. Vérification

Dans cette étape on a fait appel à notre système flou réalisé sous Matlab pour prédire la décharge dans la configuration pointe-plan qu'on étudié. A noter qu'on a considéré dans cette validation que le claquage de l'intervalle pointe-plan puisque c'est l'étape de la décharge qu'on a pu vérifier clairement au laboratoire. Cela nous a permet de comparer les résultats de simulation avec ceux collectés de la pratique (au laboratoire). La vérification a été effectué comme suit : On a pris les tensions de claquage mesurées au laboratoire pour chaque distance et angle, et on les introduits dans le système basé sur logique floue pour les mêmes angles et distances et on a vérifié les résultats. Cela nous a permet de constater que le système basé sur la logique floue a donné les même résultats obtenus au laboratoire dans 85% des tests effectués. Le tableau suivant montre cette comparaison:

Université KASDI MERBAH-Ouargla 2012/2013

| L'angle de la | Distance | Résultats de | Prédiction de la | évaluation |
|---------------|----------|--------------|------------------|--------------|
| pointe | | l'expérience | logique floue | |
| | 3 | G | G | \checkmark |
| | 5 | G | G | \checkmark |
| 30 ° | 7 | G | G | \checkmark |
| | 9 | G | G | \checkmark |
| | 3 | G | G | \checkmark |
| | 5 | G | MG | X |
| 15 ° | 7 | G | MG | X |
| | 9 | G | G | \checkmark |
| | 3 | G | G | \checkmark |
| | 5 | G | G | \checkmark |
| 7.5 ° | 7 | G | G | \checkmark |
| | 9 | G | G | \checkmark |

Tableau IV.3 : Tableau de résultats

IV.7.2. Validation

Selon le tableau précédent, on trouve que 2 faux résultats parmi 12, ce qui représentent 15% d'erreur. Ces résultats nous a permet de juger que le système flou est valable pour prédire les tests déjà réalisé au laboratoire. Cela nous a conduits à proposer d'utiliser le système flou simulé pour la prédiction d'autres résultats pour d'autre valeurs d'entrés non disponible au laboratoire.

IV.8. Conclusion

La logique floue est basé sur le raisonnement de l'être humain ce qui donne une grande facilité d'implémenter des applications basé sur telle méthode de raisonnement. La logique floue comme déjà expliqué, nous a donné la possibilité de prédire la décharge électrique sans besoin d'une expérience réelle pour déterminer la tension de claquage de l'intervalle pointeplan qu'on a étudié. Ces résultats sont très précis. La simulation numérique nous a aidés à réaliser ce système de prédiction à base de la logique floue.

Ce chapitre montre l'efficacité de la logique pour prédire le claquage électrique pour n'importe quelle distance, tension, et angle des intervalles pointe (négatives)-plan.

Conclusion générale

Dans ce mémoire on a arrivé à rencontrer trois vastes domaines, la décharge électrique dans l'air, la logique floue comme une intelligence artificielle, et enfin la manipulation pratique dans le laboratoire de l'université de Biskra.

On a vu que l'air le plus fameux et valable isolant, il devient conducteur durant son claquage, cela est dû à la haute tension qui initialise l'ionisation des molécules d'air. L'avalanche des électrons libres augmente les électrons des plus en plus jusqu'au l'air devient plein des électrons libre exactement comme tous les conducteurs. Et c'est pour cela l'air devient un conducteur et on parle alors de l'amorçage ou claquage de l'air.

Les essais expérimentaux nous ont donné une expérience de manipulation avec des appareillages et instruments de haute tension. A côté d'une expérience essentielle qui nous a donné la maitrise pour traiter la logique floue.

En fin, la logique floue a éprouvé l'efficacité de l'intelligence artificielle pour prédire en utilisant une petite base des données collectées au laboratoire la décharge électrique dans l'air. Aussi nous avons vu que la conception d'un système flou nécessite un nombre important des tests pratique. Avec ces différents donnée collectées des plusieurs tests et leur analyse permet, en particulier de définir les fonctions d'appartenance et la matrice des décisions. La puissance de la logique floue rendre possible la mise en place du système d'inférence dont les décisions sont plus proche du comportement humain que ne l'est la logique classique. De plus, les règles de la matrice des décisions sont exprimées en langage naturel, ce qui comporte de nombreux avantages, comme par exemple inclure des connaissances d'un expert non informaticien au cœur d'un système décisionnel ou encore modéliser plus aisément certains aspects du langage naturel.

LISTE DES FIGURES :

| Figure I. 2 : Descriptif de la décharge couronne positive. 8 Figure I. 3: Descriptif de la décharge couronne négative. 9 Figure I. 4: Caractéristique courant-tension d'un gaz basse pression. 11 Figure I. 5: Schéma électrique permettant de tracer une caractéristique courant-tension d'une décharge couronne pointe plan. 12 Figure I. 6 : Caractéristique courant-tension d'une décharge couronne « pointe – plan » dans l'air à pression atmosphérique . 12 Figure I. 7 : Photographie de la décharge couronne en régime « onset streamer » à l'aide de la caméra ICCD pour un temps d'intégration de 1s. 13 Figure I. 9: Photographie de la décharge couronne en régime « breakdown streamer » à l'aide de la caméra ICCD pour un temps d'intégration de 10µs. 15 Figure I. 10: Photographie de la décharge en régime « breakdown streamer » à l'aide d'une caméra à balayage rapide pour un temps de balayage de 100ns. 16 Figure II. 1: Photo du pupitre de commande du laboratoire haute tension de l'université de Biskra. 18 Figure II. 3: Photo du circuit d'essai à fréquence industrielle. 21 Figure II. 4: Circuit doubleur de tension de Shenkel (image réel). 21 Figure II. 5: Circuit d'essai à tension continue. 22 Figure II. 9: Valeurs des exposants m et n pour correction de densité de l'air et w pour correction de l'humidité. 26 Figure II. 9: Valeurs des exposants m et n pour correction de densi | Figure I. 1 : Trois exemples de configurations de réacteurs couronne couramment utilisés7 |
|--|--|
| Figure I. 3: Descriptif de la décharge couronne négative. 9 Figure I. 4: Caractéristique courant-tension d'un gaz basse pression. 11 Figure I. 5: Schéma électrique permettant de tracer une caractéristique courant-tension d'une décharge couronne pointe plan. 12 Figure I. 6 : Caractéristique courant-tension d'une décharge couronne « pointe – plan » dans l'air à pression atmosphérique . 12 Figure I. 7 : Photographie de la décharge couronne en régime « onset streamer » à l'aide de la caméra ICCD pour un temps d'intégration de ls. 13 Figure I. 9: Photographie de la décharge couronne en régime « breakdown streamer » à l'aide de la caméra ICCD pour un temps d'intégration de 10µs. 15 Figure I. 10: Photographie de la décharge en régime « breakdown streamer » à l'aide d'une caméra à balayage rapide pour un temps de balayage de 100ns. 16 Figure II. 1: Photo du pupitre de commande du laboratoire haute tension de l'université de Biskra. 18 Figure II. 2: Circuit d'essai à fréquence industrielle. 20 Figure II. 4: Circuit doubleur de tension de Shenkel. 21 Figure II. 5: Circuit d'essai à tension continue. 22 Figure II. 6: Circuit d'essai à tension continue. 22 Figure II. 9: Valeurs des exposants m et n pour correction de densité de l'air et w pour correction de l'humidité. 26 Figure II. 9: Valeurs des exposants m et n pour correction de densité de l'air et w pour correcti | Figure I. 2 : Descriptif de la décharge couronne positive |
| Figure I. 4: Caractéristique courant-tension d'un gaz basse pression 11 Figure I. 5: Schéma électrique permettant de tracer une caractéristique courant-tension d'une décharge couronne pointe plan 12 Figure I. 6 : Caractéristique courant-tension d'une décharge couronne « pointe – plan » dans l'air à pression atmosphérique 12 Figure I. 7 : Photographie de la décharge couronne en régime « onset streamer » à l'aide de la caméra ICCD pour un temps d'intégration de 1s. 13 Figure I. 8: Topographie de la décharge couronne en régime « breakdown streamer » à l'aide de la caméra ICCD pour un temps d'intégration de 10µs. 15 Figure I. 10: Photographie de la décharge en régime « breakdown streamer » à l'aide d'une caméra à balayage rapide pour un temps de balayage de 100ns. 16 Figure II. 10: Photographie de commande du laboratoire haute tension de l'université de Biskra. 18 Figure II. 2: Circuit d'essai à fréquence industrielle. 19 Figure II. 4: Circuit doubleur de tension de Shenkel (image réel). 21 Figure II. 5: Circuit doubleur de tension de Shenkel (image réel). 21 Figure II. 6: Circuit d'essai à tresion continue. 22 Figure II. 9: Valeurs des exposants m et n pour correction de densité de l'air et w pour correction de l'humidité. 26 Figure II. 1: Fonction d'appartenance caractérisant d'un ensemble classique (a) et d'un ensemble floue (b). 28 Figure III. 1: Fonction | Figure I. 3: Descriptif de la décharge couronne négative9 |
| Figure I. 5: Schéma électrique permettant de tracer une caractéristique courant-tension d'une décharge couronne pointe plan. 12 Figure I. 6 : Caractéristique courant-tension d'une décharge couronne « pointe – plan » dans 12 Figure I. 7 : Photographie de la décharge couronne en régime « onset streamer » à l'aide de la 13 Figure I. 8: Topographie de la décharge couronne « pointe – plan » en régime glow. 14 Figure I. 9: Photographie de la décharge couronne « pointe – plan » en régime glow. 14 Figure I. 10: Photographie de la décharge couronne en régime « breakdown streamer » à l'aide de la 15 Figure I. 10: Photographie de la décharge en régime « breakdown streamer » à l'aide d'une 16 Figure II. 11: Photo du pupitre de commande du laboratoire haute tension de l'université de 18 Figure II. 2: Circuit d'essai à fréquence industrielle. 19 Figure II. 3: Photo du circuit d'essai à fréquence industrielle. 20 Figure II. 4: Circuit doubleur de tension de Shenkel (image réel). 21 Figure II. 5: Circuit d'essai à trésion continue. 22 Figure II. 9: Valeurs des exposants m et n pour correction de densité de l'air et w pour 26 Figure II. 9: Valeurs des exposants m et n pour correction de densité de l'air et w pour 26 Figure III. 1: Fonction d'appartenances 29 | Figure I. 4: Caractéristique courant-tension d'un gaz basse pression |
| décharge couronne pointe plan. 12 Figure I. 6 : Caractéristique courant-tension d'une décharge couronne « pointe – plan » dans 12 Figure I. 7 : Photographie de la décharge couronne en régime « onset streamer » à l'aide de la 13 Figure I. 7 : Photographie de la décharge couronne en régime « onset streamer » à l'aide de la 13 Figure I. 8: Topographie de la décharge couronne en régime « breakdown streamer » à l'aide 14 Figure I. 9: Photographie de la décharge couronne en régime « breakdown streamer » à l'aide 15 Figure I. 10: Photographie de la décharge en régime « breakdown streamer » à l'aide d'une 16 Figure II. 10: Photographie de la décharge en régime « breakdown streamer » à l'aide d'une 18 Figure II. 1: Photo du pupitre de commande du laboratoire haute tension de l'université de 19 Figure II. 2: Circuit d'essai à fréquence industrielle. 20 Figure II. 3: Photo du circuit d'essai à fréquence industrielle. 21 Figure II. 4: Circuit doubleur de tension de Shenkel. 21 Figure II. 6: Circuit d'essai à tension continue. 22 Figure II. 9: Valeurs des exposants m et n pour correction de densité de l'air et w pour correction de l'humidité. 26 Figure II. 1: Fonction d'appartenance caractérisant d'un ensemble classique (a) et d'un ensemble floue (b). 28 Figure III. 1: Fon | Figure I. 5: Schéma électrique permettant de tracer une caractéristique courant-tension d'une |
| Figure I. 6 : Caractéristique courant-tension d'une décharge couronne « pointe – plan » dans l'air à pression atmosphérique | décharge couronne pointe plan12 |
| l'air à pression atmosphérique | Figure I. 6 : Caractéristique courant-tension d'une décharge couronne « pointe – plan » dans |
| Figure I. 7 : Photographie de la décharge couronne en régime « onset streamer » à l'aide de la caméra ICCD pour un temps d'intégration de 1s. 13 Figure I. 8: Topographie de la décharge couronne « pointe – plan » en régime glow. 14 Figure I. 9: Photographie de la décharge couronne en régime « breakdown streamer » à l'aide 15 Figure I. 9: Photographie de la décharge en régime « breakdown streamer » à l'aide d'une 15 Figure I. 10: Photographie de la décharge en régime « breakdown streamer » à l'aide d'une 16 caméra à balayage rapide pour un temps de balayage de 100ns. 16 Figure II. 1: Photo du pupitre de commande du laboratoire haute tension de l'université de 18 Figure II. 2: Circuit d'essai à fréquence industrielle. 19 Figure II. 3: Photo du circuit d'essai à fréquence industrielle. 20 Figure II. 4: Circuit doubleur de tension de Shenkel. 21 Figure II. 5: Circuit doubleur de tension de Shenkel (image réel). 22 Figure II. 6: Circuit d'essai à tension continue. 23 Figure II. 9: Valeurs des exposants m et n pour correction de densité de l'air et w pour correction de l'humidité. 26 Figure III. 1: Fonction d'appartenance caractérisant d'un ensemble classique (a) et d'un ensemble floue (b). 28 Figure III. 2: Fonction d'appartenances. 29 | l'air à pression atmosphérique 12 |
| caméra ICCD pour un temps d'intégration de 1s. 13 Figure I. 8: Topographie de la décharge couronne « pointe – plan » en régime glow. 14 Figure I. 9: Photographie de la décharge couronne en régime « breakdown streamer » à l'aide de la caméra ICCD pour un temps d'intégration de 10µs. 15 Figure I. 10: Photographie de la décharge en régime « breakdown streamer » à l'aide d'une caméra à balayage rapide pour un temps de balayage de 100ns. 16 Figure II. 1: Photo du pupitre de commande du laboratoire haute tension de l'université de Biskra. 18 Figure II. 2: Circuit d'essai à fréquence industrielle. 19 Figure II. 3: Photo du circuit d'essai à fréquence industrielle. 20 Figure II. 4: Circuit doubleur de tension de Shenkel. 21 Figure II. 5: Circuit d'essai à tension continue. 22 Figure II. 6: Circuit d'essai à tension continue. 23 Figure II. 8: Facteur de correction k d'humidité en fonction de l'humidité absolue. 25 Figure III. 9: Valeurs des exposants m et n pour correction de densité de l'air et w pour correction de l'humidité. 26 Figure III. 1: Fonction d'appartenance caractérisant d'un ensemble classique (a) et d'un ensemble floue (b). 28 Figure III. 1: Fonction d'appartenances. 29 Figure III. 2: Fonction de fonctions d'appartenances. 29 Figure III. 3: Intersection d | Figure I. 7 : Photographie de la décharge couronne en régime « onset streamer » à l'aide de la |
| Figure I. 8: Topographie de la décharge couronne « pointe – plan » en régime glow | caméra ICCD pour un temps d'intégration de 1s13 |
| Figure I. 9: Photographie de la décharge couronne en régime « breakdown streamer » à l'aide de la caméra ICCD pour un temps d'intégration de 10µs. Figure I. 10: Photographie de la décharge en régime « breakdown streamer » à l'aide d'une caméra à balayage rapide pour un temps de balayage de 100ns. figure II. 1: Photo du pupitre de commande du laboratoire haute tension de l'université de Biskra. 18 Figure II. 2: Circuit d'essai à fréquence industrielle. 19 Figure II. 3: Photo du circuit d'essai à fréquence industrielle. 20 Figure II. 4: Circuit doubleur de tension de Shenkel. 21 Figure II. 5: Circuit d'essai à tension continue. 22 Figure II. 6: Circuit d'essai à tension continue. 22 Figure II. 7:Arrangement pointe-plan. 23 Figure II. 9: Valeurs des exposants m et n pour correction de densité de l'air et w pour correction de l'humidité. 26 Figure III. 1: Fonction d'appartenance caractérisant d'un ensemble classique (a) et d'un ensemble floue (b). 28 Figure III. 2: Fonction d'appartenances. 29 Figure III. 3: Intersection des fonctions d'appartenances. 29 Figure III. 4: Union des fonctions d'appartenances. 30 | Figure I. 8: Topographie de la décharge couronne « pointe – plan » en régime glow14 |
| de la caméra ICCD pour un temps d'intégration de 10µs | Figure I. 9: Photographie de la décharge couronne en régime « breakdown streamer » à l'aide |
| Figure I. 10: Photographie de la décharge en régime « breakdown streamer » à l'aide d'une caméra à balayage rapide pour un temps de balayage de 100ns. 16 Figure II. 1: Photo du pupitre de commande du laboratoire haute tension de l'université de Biskra. 18 Figure II. 2: Circuit d'essai à fréquence industrielle. 19 Figure II. 3: Photo du circuit d'essai à fréquence industrielle. 20 Figure II. 4: Circuit doubleur de tension de Shenkel. 21 Figure II. 5: Circuit doubleur de tension de Shenkel (image réel). 21 Figure II. 6: Circuit d'essai à tension continue. 22 Figure II. 7: Arrangement pointe-plan. 23 Figure II. 9: Valeurs des exposants m et n pour correction de densité de l'air et w pour correction de l'humidité. 26 Figure III. 1: Fonction d'appartenance caractérisant d'un ensemble classique (a) et d'un ensemble floue (b). 28 Figure III. 2: Fonction d'appartenances. 29 Figure III. 3: Intersection des fonctions d'appartenances. 29 Figure III. 4: Union des fonctions d'appartenances. 30 | de la caméra ICCD pour un temps d'intégration de 10µs15 |
| caméra à balayage rapide pour un temps de balayage de 100ns. 16 Figure II. 1: Photo du pupitre de commande du laboratoire haute tension de l'université de 18 Figure II. 2: Circuit d'essai à fréquence industrielle. 19 Figure II. 3: Photo du circuit d'essai à fréquence industrielle. 20 Figure II. 4: Circuit doubleur de tension de Shenkel. 21 Figure II. 5: Circuit doubleur de tension de Shenkel (image réel). 21 Figure II. 6: Circuit d'essai à tension continue. 22 Figure II. 7: Arrangement pointe-plan. 23 Figure II. 9: Valeurs des exposants m et n pour correction de densité de l'air et w pour correction de l'humidité. 26 Figure III. 1: Fonction d'appartenance caractérisant d'un ensemble classique (a) et d'un ensemble floue (b). 28 Figure III. 2: Fonction d'appartenances. 29 Figure III. 3: Intersection des fonctions d'appartenances. 29 Figure III. 4: Union des fonctions d'appartenances. 30 | Figure I. 10: Photographie de la décharge en régime « breakdown streamer » à l'aide d'une |
| Figure II. 1: Photo du pupitre de commande du laboratoire haute tension de l'université de Biskra | caméra à balayage rapide pour un temps de balayage de 100ns16 |
| Biskra. 18 Figure II. 2: Circuit d'essai à fréquence industrielle. 19 Figure II. 3: Photo du circuit d'essai à fréquence industrielle. 20 Figure II. 4: Circuit doubleur de tension de Shenkel. 21 Figure II. 5: Circuit doubleur de tension de Shenkel (image réel). 21 Figure II. 6: Circuit d'essai à tension continue. 22 Figure II. 7: Arrangement pointe-plan. 23 Figure II. 8: Facteur de correction k d'humidité en fonction de l'humidité absolue. 25 Figure II. 9: Valeurs des exposants m et n pour correction de densité de l'air et w pour correction de l'humidité. 26 Figure III. 1 : Fonction d'appartenance caractérisant d'un ensemble classique (a) et d'un ensemble floue (b). 28 Figure III. 2: Fonction d'appartenances. 29 Figure III. 3: Intersection des fonctions d'appartenances. 29 Figure III. 4 : Union des fonctions d'appartenances. 30 | Figure II. 1: Photo du pupitre de commande du laboratoire haute tension de l'université de |
| Figure II. 2: Circuit d'essai à fréquence industrielle. 19 Figure II. 3: Photo du circuit d'essai à fréquence industrielle. 20 Figure II. 4: Circuit doubleur de tension de Shenkel. 21 Figure II. 5: Circuit doubleur de tension de Shenkel (image réel). 21 Figure II. 6: Circuit d'essai à tension continue. 22 Figure II. 7:Arrangement pointe-plan. 23 Figure II. 8: Facteur de correction k d'humidité en fonction de l'humidité absolue. 25 Figure II. 9: Valeurs des exposants m et n pour correction de densité de l'air et w pour correction de l'humidité. 26 Figure III. 1: Fonction d'appartenance caractérisant d'un ensemble classique (a) et d'un ensemble floue (b). 28 Figure III. 2: Fonction des fonctions d'appartenances. 29 Figure III. 4: Union des fonctions d'appartenances. 30 | Biskra18 |
| Figure II. 3: Photo du circuit d'essai à fréquence industrielle. 20 Figure II. 4: Circuit doubleur de tension de Shenkel. 21 Figure II. 5: Circuit doubleur de tension de Shenkel (image réel). 21 Figure II. 6: Circuit d'essai à tension continue. 22 Figure II. 7: Arrangement pointe-plan. 23 Figure II. 8: Facteur de correction k d'humidité en fonction de l'humidité absolue. 25 Figure II. 9: Valeurs des exposants m et n pour correction de densité de l'air et w pour correction de l'humidité. 26 Figure III. 1 : Fonction d'appartenance caractérisant d'un ensemble classique (a) et d'un ensemble floue (b). 28 Figure III. 2: Fonction des fonctions d'appartenances. 29 Figure III. 4 : Union des fonctions d'appartenances. 30 | Figure II. 2: Circuit d'essai à fréquence industrielle19 |
| Figure II. 4: Circuit doubleur de tension de Shenkel. 21 Figure II. 5: Circuit doubleur de tension de Shenkel (image réel). 21 Figure II. 6: Circuit d'essai à tension continue. 22 Figure II. 7:Arrangement pointe-plan. 23 Figure II. 8: Facteur de correction k d'humidité en fonction de l'humidité absolue. 25 Figure II. 9: Valeurs des exposants m et n pour correction de densité de l'air et w pour correction de l'humidité. 26 Figure III. 1 : Fonction d'appartenance caractérisant d'un ensemble classique (a) et d'un ensemble floue (b). 28 Figure III. 2: Fonction d'appartenances. 29 Figure III. 3: Intersection des fonctions d'appartenances. 20 Figure III. 4 : Union des fonctions d'appartenances. 30 | Figure II. 3: Photo du circuit d'essai à fréquence industrielle20 |
| Figure II. 5: Circuit doubleur de tension de Shenkel (image réel). 21 Figure II. 6: Circuit d'essai à tension continue. 22 Figure II. 7:Arrangement pointe-plan. 23 Figure II. 8: Facteur de correction k d'humidité en fonction de l'humidité absolue. 25 Figure II. 9: Valeurs des exposants m et n pour correction de densité de l'air et w pour correction de l'humidité. 26 Figure III. 1 : Fonction d'appartenance caractérisant d'un ensemble classique (a) et d'un ensemble floue (b). 28 Figure III. 2: Fonction d'appartenances. 29 Figure III. 3: Intersection des fonctions d'appartenances. 29 Figure III. 4 : Union des fonctions d'appartenances. 30 | Figure II. 4: Circuit doubleur de tension de Shenkel |
| Figure II. 6: Circuit d'essai à tension continue. 22 Figure II. 7:Arrangement pointe-plan. 23 Figure II. 8: Facteur de correction k d'humidité en fonction de l'humidité absolue. 25 Figure II. 9: Valeurs des exposants m et n pour correction de densité de l'air et w pour correction de l'humidité. 26 Figure III. 1: Fonction d'appartenance caractérisant d'un ensemble classique (a) et d'un ensemble floue (b). 28 Figure III. 2: Fonction d'appartenances. 29 Figure III. 3: Intersection des fonctions d'appartenances. 29 Figure III. 4: Union des fonctions d'appartenances. 30 | Figure II. 5: Circuit doubleur de tension de Shenkel (image réel)21 |
| Figure II. 7:Arrangement pointe-plan. 23 Figure II. 8: Facteur de correction k d'humidité en fonction de l'humidité absolue. 25 Figure II. 9: Valeurs des exposants m et n pour correction de densité de l'air et w pour correction de l'humidité. 26 Figure III. 1 : Fonction d'appartenance caractérisant d'un ensemble classique (a) et d'un ensemble floue (b). 28 Figure III. 2: Fonction d'appartenances. 29 Figure III. 3: Intersection des fonctions d'appartenances. 29 Figure III. 4 : Union des fonctions d'appartenances. 30 | Figure II. 6: Circuit d'essai à tension continue |
| Figure II. 8: Facteur de correction k d'humidité en fonction de l'humidité absolue. 25 Figure II. 9: Valeurs des exposants m et n pour correction de densité de l'air et w pour correction de l'humidité. 26 Figure III. 1 : Fonction d'appartenance caractérisant d'un ensemble classique (a) et d'un ensemble floue (b). 28 Figure III. 2: Fonction d'appartenances. 29 Figure III. 3: Intersection des fonctions d'appartenances. 29 Figure III. 4 : Union des fonctions d'appartenances. 30 | Figure II. 7:Arrangement pointe-plan |
| Figure II. 9: Valeurs des exposants m et n pour correction de densité de l'air et w pour correction de l'humidité. 26 Figure III. 1 : Fonction d'appartenance caractérisant d'un ensemble classique (a) et d'un ensemble floue (b). 28 Figure III. 2: Fonction d'appartenances. 29 Figure III. 3: Intersection des fonctions d'appartenances. 29 Figure III. 4 : Union des fonctions d'appartenances. 30 | Figure II. 8: Facteur de correction k d'humidité en fonction de l'humidité absolue |
| correction de l'humidité.26Figure III. 1 : Fonction d'appartenance caractérisant d'un ensemble classique (a) et d'un ensemble floue (b).28Figure III. 2: Fonction d'appartenances.29Figure III. 3: Intersection des fonctions d'appartenances.29Figure III. 4 : Union des fonctions d'appartenances.30 | Figure II. 9: Valeurs des exposants m et n pour correction de densité de l'air et w pour |
| Figure III. 1 : Fonction d'appartenance caractérisant d'un ensemble classique (a) et d'un ensemble floue (b). 28 Figure III. 2: Fonction d'appartenances. 29 Figure III. 3: Intersection des fonctions d'appartenances. 29 Figure III. 4 : Union des fonctions d'appartenances. 30 | correction de l'humidité |
| ensemble floue (b).28Figure III. 2: Fonction d'appartenances.29Figure III. 3: Intersection des fonctions d'appartenances.29Figure III. 4 : Union des fonctions d'appartenances.30 | Figure III. 1 : Fonction d'appartenance caractérisant d'un ensemble classique (a) et d'un |
| Figure III. 2: Fonction d'appartenances. 29 Figure III. 3: Intersection des fonctions d'appartenances. 29 Figure III. 4 : Union des fonctions d'appartenances. 30 | ensemble floue (b) |
| Figure III. 3: Intersection des fonctions d'appartenances. 29 Figure III. 4 : Union des fonctions d'appartenances. 30 | Figure III. 2: Fonction d'appartenances |
| Figure III. 4 : Union des fonctions d'appartenances | Figure III. 3: Intersection des fonctions d'appartenances |
| | Figure III. 4 : Union des fonctions d'appartenances |

| Figure III. 5: Variable linguistique « qualité du service » | 31 |
|---|----|
| Figure III. 6: Différentes formes de la fonction d'appartenance | 32 |
| Figure III. 7: Exemple d'inférence Max-Min | 34 |
| Figure III. 8: Défuzzification par le centre de gravité | 35 |
| Figure IV. 1 : Les entré et les sorties du système | 37 |
| Figure IV. 2 : Fonction d'appartenance de la distance | 38 |
| Figure IV. 3: Fonction d'appartenance de la tension. | 39 |
| Figure IV. 4 : Fonction d'appartenance de l'angle de la pointe. | 40 |
| Figure IV. 5 : Les déférents niveaux lumineux constatés durant les essais | 40 |
| Figure IV. 6:Fonction d'appartenance de la sortie | 41 |
| Figure IV. 7 : Figure de la table des règles sur matlab | 43 |
| Figure IV. 8: Figure de la fenêtre des règles de l'étape de défuzzification | 44 |
| LISTE DES TABLEAUX : | |

| Tableau IV.1 : Tableau des résultats obtenu | 36 |
|---|----|
| Tableau IV.2 : Tableau de la variation de glow en fonction des entrés | 42 |
| Tableau IV.3 : Tableau de vérification de la prédiction | 44 |

[1] KADI Houcine, « l'influence de l'effet couronne sur les sur tension dans les lignes et les transformateurs de haut tension » , thèse de doctorat, université de Tizi-ouzou.

[2] M^{elle}.ZGHICHI Laila, « Etude D'une Décharge Electrique par la Méthode De Monte Carlo », thèse de magistère, Université de Batna, 2010

[3] D. Dubois, «Réalisation et caractérisation d'un réacteur plasma de laboratoire pour des études sur la dépollution des gaz d'échappement», thèse de l'Université Paul Sabatier, Toulouse, France, (2006).

[4] Vaidehi .V ,Monica .S , Mohamed Sheik Safeer, « A Prediction System Based on Fuzzy Logic »,Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science, san frncisco-usa, 2008

[5] Alexandre Labergue, « Etude de décharges électriques dans l'air pour le développement d'actionneurs plasmas – Application au contrôle de décollements d'écoulements », Thèse doctorat, Université de POITIERS.

[6] Jean-Charles MATÉO-VÉLEZ, « Modélisation et simulation numérique de la génération de plasma dans les décharges couronnes et de son interaction avec l'aérodynamique », Thèse doctorat, École doctorale: Transfer, dynamique des fluides, ÉNERGÉTIQUE ET PROCÉDÉS.

[7] Mademoiselle Laure MARTIN, « Dépollution d'effluents chargés en composés organiques volatils cycliques (toluène et bêta-pinène) par décharge couronne à barrière diélectrique. Marquage isotopique et simulation du procédé, Thèse doctorat, UNIVERSITE PARIS VI.

[8] Samira KACEM, « Modélisation Elertro-Hydrodynamique des décharges couronne dans l'air a la pression atmosphérique pour application aux actionneurs plasmas », Thèse doctorat, Université de Toulouse.

[9] Thu Huyen DANG, « Etude des Décharges Electriques dans l'Eau et Application à l'Elimination de Polluants et Optimisation du Rendement Energétique », Thèse doctorat, l'Ecole Doctorale : Electronique, Electrotechnique, Automatique & Traitement du Signal (EEATS).

[10] Ramzi Deghnouche, « étude de l'influence d'une barriére isolante sur l'amorçage d'un intervalle pointe--plan», thése d'ingenieur, l'université de Biskra, juin 2007.

[11] Rémi Dubois Application des nouvelles méthodes d'apprentissage à la détection précoce d'anomalies en électrocardiographie Thèse de Doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie - Paris VI (Janvier 2004).

[12] Mme OUISSI Fatima Zohra, « Classification des arythmies cardiaques par les arbres de décision flous », thése de master, Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, 2011.

[13] Merabti Halim, « Etude des systèmes flous à intervalle », thése de Université de constantine,(2008).

[14] Franck Dernoncourt, « introduction à la logique floue », fichier électronic, www.developpez.com, Paris, Avril 2011.

[15] Sabrina FAID - Sara BOURAHLI "commande par la logique floue de la machine synchrone a aimants permanents".

[16] M. Kerouaz "Commande vectorielle d'une machine synchrone à aimants permanents alimentée par onduleur de tension " PFE- Université Badji Mokhtar, Annaba 2000

[17] Lotfi BAGHLI, « Contribution à la commande de la machine asynchrone, utilisation de la logique floue, des réseaux de neurones et des algorithmes génétiques», thése doctoral, université de Henri Poincaré, Nancy-I, 1999.

Résumé :

Application de la technique de la logique floue pour la prédiction de l'amorçage des intervalles d'air pointes-plans.

Ce travail est réalisé dans le but d'étudier claquage de l'air dans un intervalle pointe-plan et aussi de prédire l'amorçage de la décharge électrique dans tel système en utilisant la logique floue. Cela nécessite la collection d'une base de données pour créer la table d'inférence utilisée dans la technique de prédiction de la décharge électrique basée sur la logique floue. Les tests réalisés au laboratoire nous a permis d'assembler cette base de donnée utilisée par la suite dans le système floue. Cette technique d'intelligence artificielle nous a permis avec une grande efficacité de prédire l'amorçage de la décharge électrique dans l'air en connaissant la distance entre la pointe et le plan, l'angle de la pointe, et la tension appliqué à la pointe.

Mots clés : Pointe-plan, gaz, claquage, décharge électrique, amorçage, logique floue, prédiction.

تطبيق تقنية المنطق الضبابي للتنبأ بتفعيل المجالات الهوائية رأس مدبب مستو

الملخص:

هذا العمل يهدف لدراسة الإنهيار الكهربائي في مجال رأس مدبب-مستو و كذا التنبؤ بحدوث تفعيل التفريغ الكهربائي في عدد من الأنظمة بإستعمال تقنية المنطق الضبابي. يتطلب هذا الأمر جمع قاعدة بيانات لإنشاء جدول التداخل المستعمل في تقنية التنبؤ بالتفريغ الكهربائي و من ثم في المنطق الضبابي. التجارب المحققة في المخبر سمحت بجمع قاعدة البيانات المستعملة لاحقا في تقنية المنطق الضبابي. تقنية الذكاء الصناعي هذه مكنتنا و بفعالية كبيرة من التنبأ بتفعيل التفريغ الكهربائي في الهواء بمجرد معرفة المسافق الضبابي. تقنية الذكاء الصناعي هذه مكنتنا و بفعالية كبيرة من التنبأ بتفعيل التفريغ المطبق على الرأس المدبب. و الجهد الكهربائي المطبق على الرأس المدبب.

الكلمات الدالة: الإنهيار الكهربائي, التفريغ الكهربائي, التفعيل المنطق الضبابي, رأس مدبب-مستو, التنبأ الغاز.

Abstract: Application of fuzzy logic technique for the prediction of the initiation of air point-plan interval.

This work is realized in order to study the breakdown in a point-plane air gap and also to predict the initiation of the electrical discharge in such system using fuzzy logic. This prediction requires the collection of a database to create the inference table used in the prediction technique of the electrical discharge based on fuzzy logic. The tests realized in the laboratory allowed us to assemble the database used in the fuzzy system. This technique of artificial intelligence has enabled us with high efficiency to predict the initiation of the electrical discharge in the air knowing the distance between the point and the plane, the angle of the point, and the applied voltage to the point.

Keywords: Point-plane, gas, breakdown, electrical discharge, initiation, fuzzy logic, pointplane, prediction.