



HAL
open science

Caractérisation Optique et Electrique des Décharges se Propageant sur des Interfaces Solide/Gaz et Mélanges de Gaz sous Tension de Foudre

Mamadou Lamine Coulibaly, Abderrahmane Beroual

► **To cite this version:**

Mamadou Lamine Coulibaly, Abderrahmane Beroual. Caractérisation Optique et Electrique des Décharges se Propageant sur des Interfaces Solide/Gaz et Mélanges de Gaz sous Tension de Foudre. MGE'2008, May 2008, Toulouse, France. pp.on CD - 108-111/215. hal-00412461

HAL Id: hal-00412461

<https://hal.science/hal-00412461>

Submitted on 1 Sep 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Caractérisation Optique et Electrique des Décharges se Propageant sur des Interfaces Solide/Gaz et Mélanges de Gaz sous Tension de Foudre

M. L. Coulibaly¹ et A. Beroual¹

¹Ecole Centrale de Lyon, Laboratoire AMPERE CNRS UMR 5005,
36 avenue Guy de Collongue, 69134 Ecully Cedex, France
E-mail : Abderrahmane.Beroual@ec-lyon.fr

Résumé: Ce travail porte sur l'étude de la morphologie et de la longueur finale L_f des décharges se propageant sur des isolateurs en présence des gaz SF₆, N₂ et CO₂ ainsi que des mélanges SF₆-N₂ et SF₆-CO₂, sous tension de foudre (1,2/50 μ s), en géométrie pointe – plan. Les caractéristiques de la décharge sont analysées en fonction de l'amplitude et de la polarité de la tension, du type de gaz (ou mélange) et de la pression de ce gaz (resp. mélange). Il ressort des résultats expérimentaux que la forme des décharges varie selon les constituants de l'interface, la polarité de la tension et la pression du gaz (mélange). En présence d'un gaz ou mélange donné, L_f augmente quasi-linéairement avec la tension et décroît lorsque la pression augmente. Aussi, pour une tension et une pression données, L_f est plus élevé en polarité positive alors que la tension d'apparition des décharges est plus élevée en polarité négative. L_f diminue avec l'augmentation du pourcentage de SF₆ dans le mélange SF₆-CO₂. Les résultats obtenus avec l'azote et le mélange SF₆-N₂ sont très aléatoires.

INTRODUCTION

Les structures isolantes solide/gaz sont présentes dans de nombreuses applications haute et moyenne tensions. L'utilisation de telles structures permet d'améliorer la tenue diélectrique des systèmes. Et comme toute isolation, ces structures sont exposées à différentes contraintes et plus particulièrement aux phénomènes de décharges. La propagation des décharges sur l'interface solide/gaz ou dans le volume du solide peut conduire à la perte des performances de la structure isolante voire à sa destruction (suite à un contournement ou à un claquage respectivement) et donc à la mise hors service du système. Par conséquent, la connaissance des conditions d'initiation de ces décharges et des paramètres caractérisant leur propagation jusqu'au contournement est d'une grande importance pour le dimensionnement et l'optimisation des composants et systèmes haute et moyenne tensions.

Ce travail porte sur la caractérisation expérimentale des décharges se propageant sur un isolateur en verre en présence d'un gaz ou d'un mélange de gaz, sous tension de foudre (1,2/50 μ s), en géométrie pointe – plan. Il s'agit en particulier d'analyser la forme des décharges ainsi que leurs longueurs finales en fonction de la pression du gaz (mélange), de la constitution du mélange et de l'amplitude et de la polarité de la tension.

TECHNIQUE EXPERIMENTALE

Le dispositif expérimental de l'ensemble du système est représenté sur la figure 1.

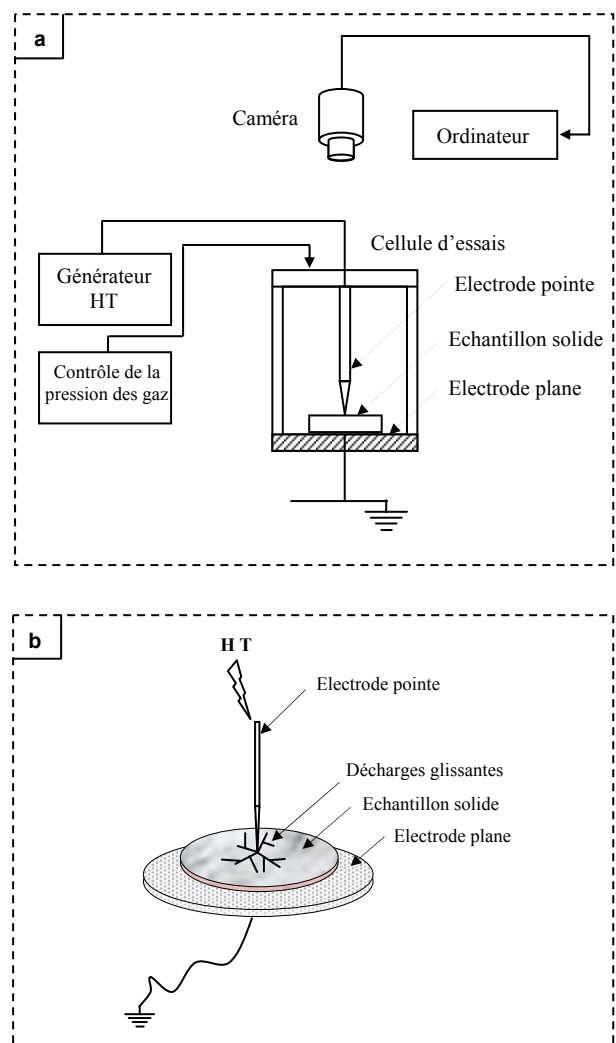


Figure 1 : Schéma du dispositif expérimental

La cellule d'essais est constituée d'un corps cylindrique en Téflon de 90 mm de haut et de 110 mm de diamètre interne. Elle contient un système d'électrodes pointe - plan entre lesquelles est inséré l'isolateur (Figure 1b). Le couvercle inférieur de la cellule est une plaque en laiton de 250 mm de diamètre et 15 mm d'épaisseur.

Elle constitue également l'électrode plane. Le couvercle du haut est en matériau transparent (PMMA) permettant la visualisation des décharges. Il sert également de support pour l'électrode pointe ; celle-ci a un rayon de courbure de 10 μm et est réalisée en tungstène thorié à 2 %. L'utilisation du tungstène (point de fusion 3460°C) permet d'effectuer un grand nombre de séries d'essais sans trop éroder la pointe et d'avoir ainsi un champ local de génération des décharges pratiquement constant. L'observation optique des décharges est basée sur les images obtenues par intégration grâce à une caméra CDD de type SONY XC-R58 SVGA de haute résolution (767x580 pixels) placée au dessus du couvercle supérieur. Cette caméra est connectée à une carte d'acquisition Vidéo (Meteor-II/Multi-Channel). La capture d'image se fait en contrôle assisté par ordinateur à la vitesse réglable d'une cinquantaine d'images par seconde. Elle permet ainsi la visualisation et l'enregistrement des décharges se propageant sur la surface de l'isolateur. Ce dernier est un échantillon en verre, plan et circulaire, de 100 mm de diamètre et de 2 mm d'épaisseur. Il a une permittivité relative $\epsilon_r = 5$ et une rigidité diélectrique de 25 kV/mm.

Trois gaz (SF_6 , N_2 et CO_2) et leurs mélanges à différentes concentrations sont considérés. Un système de robinets, associé à deux manomètres, permet de gérer le remplissage de la cellule et le contrôle de la pression. La tension appliquée est une onde impulsionnelle de type foudre fournie par un générateur de Marx de 200 kV max.

RESULTATS EXPERIMENTAUX

La morphologie des décharges, leurs longueurs finales L_f ainsi que la densité des branches dépendent principalement des constituants de l'interface, c'est-à-dire de la nature de l'isolant solide, du gaz (ou mélange de gaz), de l'amplitude et la polarité de la tension appliquée, la pression du gaz ainsi que les pourcentage des différents constituants des mélanges. Ces décharges (streamers) se propagent à la surface de l'isolant solide, en décrivant un contour circulaire autour de la pointe. Cette propagation s'effectue par bonds comme cela a été observé par Shibusaki *et al* [1]. Pour un solide et un gaz (ou mélange de gaz) donnés, la valeur de la tension seuil U_s d'apparition des décharges varie selon la nature et la pression du gaz (mélange) et de la polarité de la tension. Les tensions d'apparition les plus élevées sont observées dans le SF_6 . Avec le CO_2 et le N_2 , les valeurs de U_s sont assez proches ; il en est de même avec les mélanges $\text{SF}_6\text{-CO}_2$ et $\text{SF}_6\text{-N}_2$. Ces tensions seuil U_s sont plus élevées en négatif qu'en positif. D'autre part, L_f augmente quasi-linéairement avec la tension et décroît lorsque la pression du gaz (resp. mélange) augmente (Figure 2). La forme des décharges ne présente pas forcément un aspect radial comme cela était rapporté par de nombreux chercheurs [2, 3]. Les Figures 3 et 4 donnent quelques exemples de décharges surfaciques en présence de SF_6 et de CO_2 en

augmentant la tension ou la pression respectivement. L_f est plus important avec le CO_2 qu'avec le SF_6 et par conséquent les tensions de contournement sont plus faibles avec le CO_2 qu'avec le SF_6 confirmant ainsi les propriétés diélectriques (tenue) connues de ce dernier gaz par rapport au CO_2 .

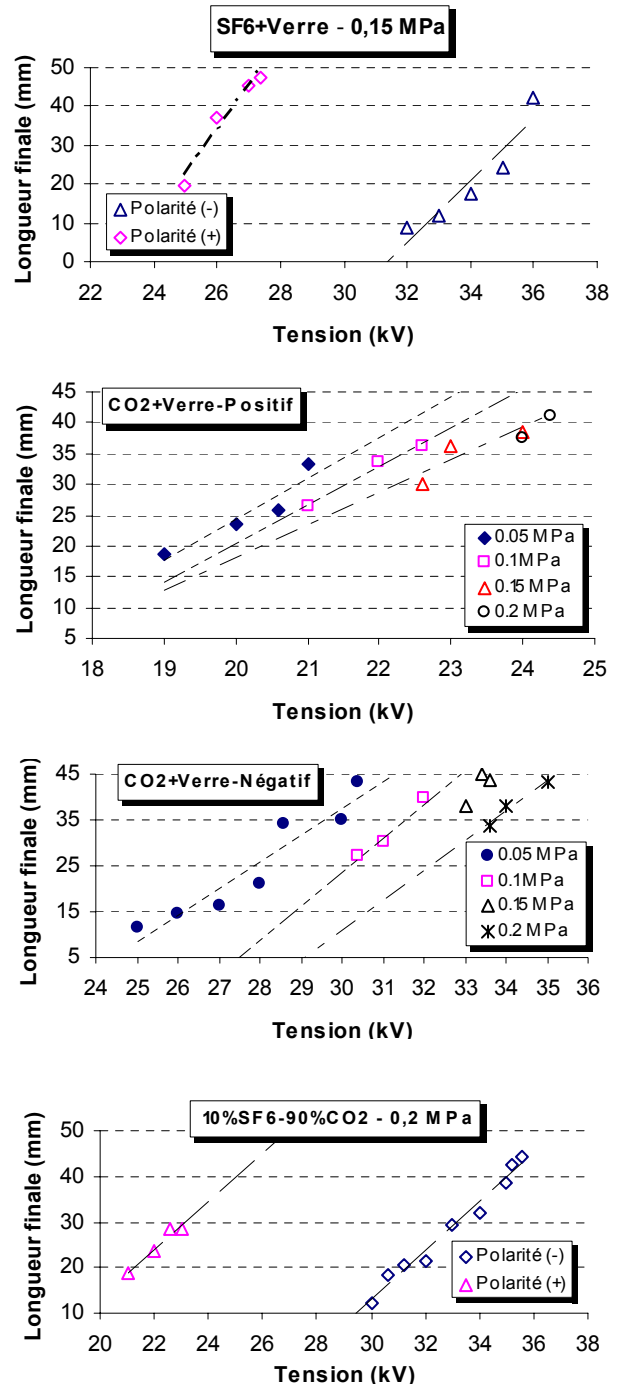


Figure 2: Evolution de la longueur des décharges surfaciques en fonction de la tension dans le SF_6 , le CO_2 et le mélange $\text{SF}_6\text{-CO}_2$, pour les deux polarités et pour différentes pressions.

Pour des pressions faibles, les formes des décharges dans le SF_6 et le CO_2 ne présentent pas de grande différence pour une polarité donnée. Par contre, les

formes de décharges sont nettement différentes d'une polarité à une autre.

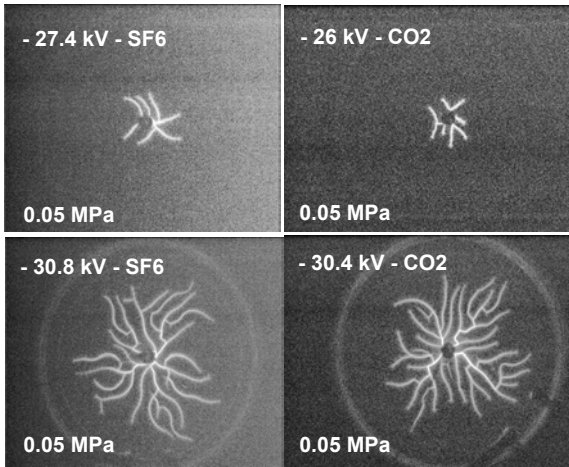


Figure 3: Influence de la tension sur la longueur finale des décharges sur une interface Verre/SF₆ et Verre/CO₂ en polarité négative.

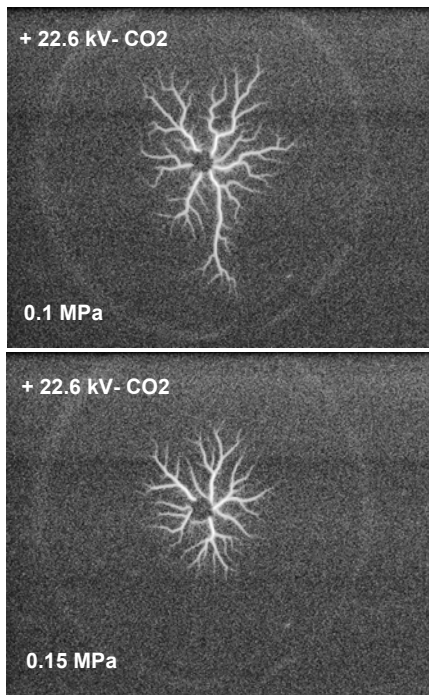


Figure 4: Influence de la pression du gaz sur la longueur finale des décharges sur une interface Verre/CO₂ en polarité positive.

Aux pressions élevées, les formes des décharges ne sont pas les mêmes pour un gaz donné en polarité négative comme le montre la figure 5. Ceci pourrait être dû au fait qu'aux basses pressions, les décharges ne sont pas toutes collées à la surface de l'isolateur. Le réglage en 2D ne permet pas d'observer les filaments des branches qui ne sont pas dans le même plan. Plus on augmente la

pression, plus les décharges ont tendance à se coller à la surface de l'isolateur permettant ainsi une meilleure mise au point optique et donc d'observer la totalité de la décharge.

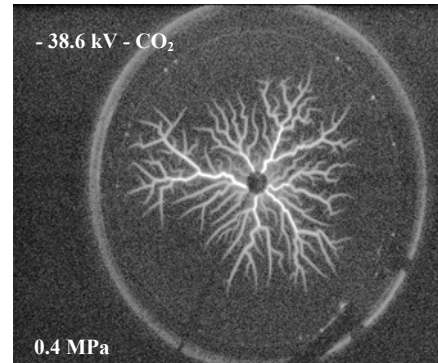


Figure 5: Forme d'une décharge négative sur une interface CO₂/Verre sous haute pression (0,4 MPa).

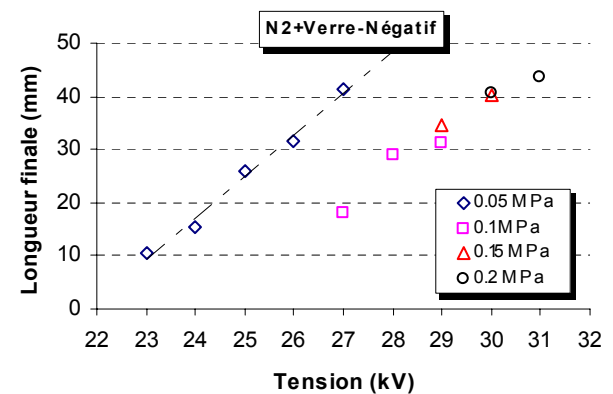
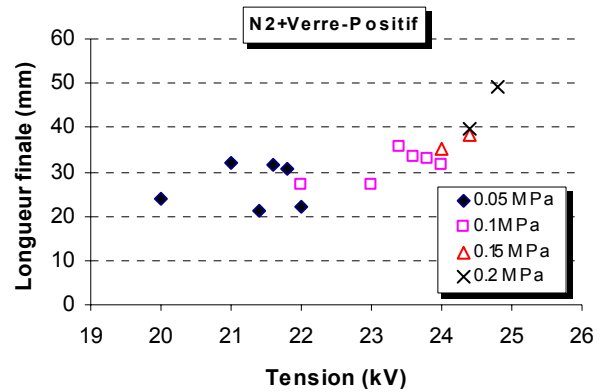


Figure 6 : Longueur finale des décharges surfaciques en fonction de la tension dans l'azote pour les deux polarités.

En présence d'azote, nous observons des dispersions importantes dans les mesures surtout en polarité positive (Figure 6). Lorsqu'on augmente la pression, la longueur finale des décharges peut augmenter ou diminuer de façon aléatoire, ce qui va dans le même sens que les observations faites dans la mesure de la tenue diélectrique du N₂ en impulsionnel. En polarité

négative, pour des pressions relativement basses, les décharges dans l'azote ont des formes similaires à celles obtenues avec le SF₆ et le CO₂. La Figure 7 donne quelques exemples de décharges observées dans l'azote en positif (29 kV) et négatif (24.4 kV) pour une pression de 0.15 MPa.

L'augmentation de la concentration de SF₆ dans le mélange SF₆-CO₂ provoque une diminution considérable de la longueur finale (Figure 8). Cependant et comme dans le N₂ pur, nous observons une dispersion importante des valeurs de la longueur finale des décharges en présence du mélange SF₆-N₂ pour différentes concentrations de SF₆. L_f peut augmenter ou diminuer de façon aléatoire.

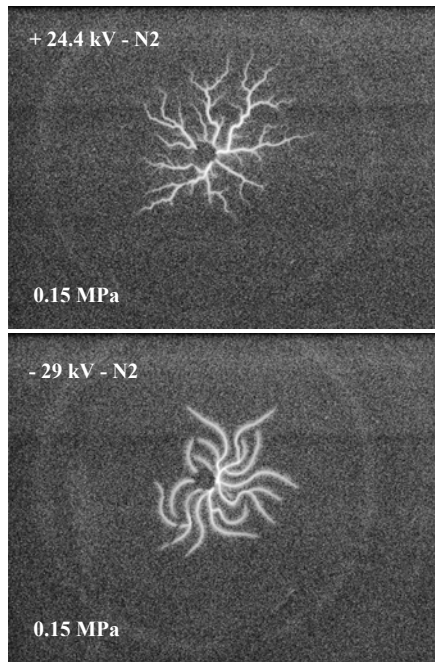


Figure 7 : Forme des décharges positive et négative dans l'azote sous une pression de 0.15 MPa

CONCLUSION

Ce travail montre que les caractéristiques des décharges glissantes dépendent de la nature de l'isolateur et du type de gaz (ou mélange) et de sa pression, de l'amplitude et de polarité de la tension, et de la composition du mélange. En présence d'un gaz ou mélange donné, la longueur finale de la décharge L_f augmente quasi-linéairement avec la tension et décroît lorsque la pression augmente. L_f est plus court dans le SF₆ que dans le CO₂ ou le N₂. Aussi, pour une tension et une pression données, L_f est plus élevé en polarité positive qu'en polarité négative. La tension d'apparition des décharges est plus élevée en polarité négative. L'augmentation du pourcentage de SF₆ dans le mélange SF₆-CO₂ provoque une diminution considérable de la longueur finale des décharges, ce qui est d'une grande importance pour le dimensionnement de l'appareillage à

isolation gazeuse. Dans l'azote ou le mélange SF₆-N₂, les valeurs des longueurs finales mesurées ne sont pas reproductibles d'un choc à un autre, ce qui pose de sérieux problèmes si l'on veut utiliser l'azote ou ses mélanges dans les équipements haute ou moyenne tensions.

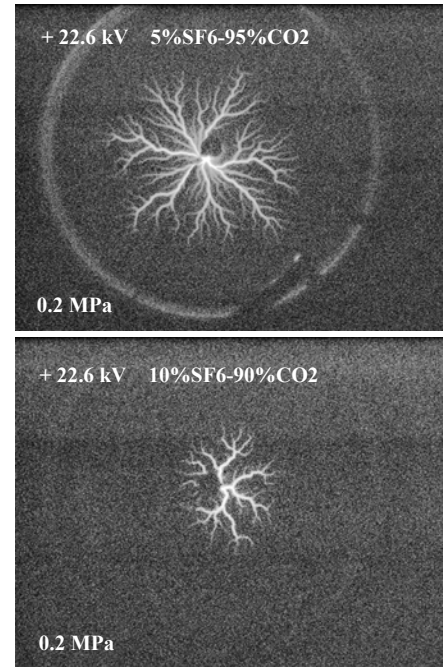


Figure 8 : Forme des décharges positives dans le mélange SF₆-CO₂ pour des teneurs en SF₆ de 5 et 10 % à 0.15 MPa.

REFERENCES

- [1] D. Shibutani H. Naoki and H. Okubo, "Impulse Creepage Discharge Propagation Mechanisms in N₂/SF₆ Gas Mixtures" Trans. of the Institute of Elect. Eng. of Japan, Vol.121-B, N° 4, pp. 455 – 460, 2001.
- [2] F. H. Merrill and A. V. Hippel, "The atom-physical interpretation of Lichtenberg figures and their application to study of gas discharge phenomena", J. of Appl. Phys. Vol. 10, pp. 873, 1939.
- [3] L. Niemeyer, L. Pietronero and H. J. Wiesmann, "Fractal dimension of Dielectric Breakdown", Physical Review Letters, Vol 52, N° 12, pp. 1033 – 1036, 1983.