



# Soutenance de thèse



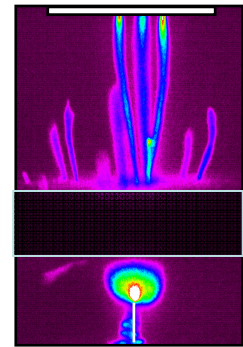
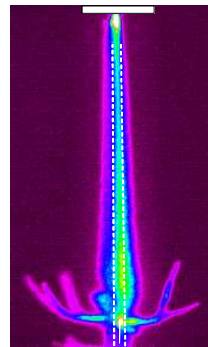
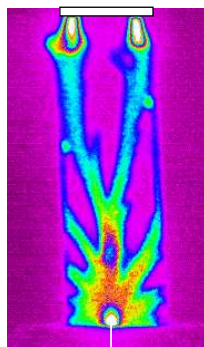
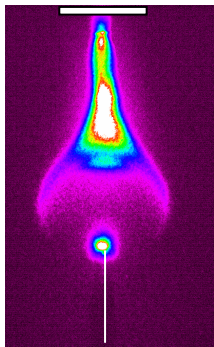
Pierre Le Delliou



## Etude des décharges électriques impulsionnelles à pression atmosphérique dans les milieux poreux et/ou alvéolaires

Lundi 21 juillet à 10H00

Amphi I, bâtiment 210, Université Paris-Sud, Orsay



Devant le jury composé de:

M. Thierry CALLEGARI  
M. Eric ROBERT

LAPLACE / Université de Toulouse  
GREMI / Université d'Orléans

Rapporteur  
Rapporteur

M<sup>me</sup> Anne BOURDON  
M. Sergey PANCHESHNYI  
M. Tiberiu MINEA

EM2C / Ecole Centrale Paris  
ABB Corporate Research  
LPGP / Université Paris-Sud

Examinatrice  
Examinateur  
Examinateur

M. Karol HENSEL  
M. Pierre TARDIVEAU

Université de Comenius / Bratislava  
LPGP / Université Paris-Sud

Invité  
Directeur de thèse

La soutenance sera suivie d'un pot en salle  
café, auquel vous êtes cordialement invités

## Résumé :

Ce travail porte sur l'étude de la propagation de décharges couronnes impulsionnelles à pression atmosphérique dans les milieux poreux et/ou alvéolaires. Face à la complexité des phénomènes mis en jeu, intimement liés aux interactions entre la décharge et les surfaces du matériau qui la confine, nous proposons l'étude de décharges couronnes confinées par des structures élémentaires. L'étude du confinement radial des décharges, assuré par la présence de différents capillaires de natures et géométries variées, a été réalisée. Des diagnostics électriques et optiques de pointe permettent d'étudier précisément la propagation de la décharge au sein des différents capillaires utilisés. La corrélation entre ces différents diagnostics a même permis des mesures de vitesse de propagation au sein de capillaires opaques. Les résultats montrent que la propagation de la décharge dépend grandement de la géométrie des capillaires et des paramètres électriques de génération de la décharge. Dans le cas de sections carrées ou rectangulaires, la présence des arêtes induit un renforcement local du champ qui attire la décharge. Dans le cas de capillaires cylindriques, le diamètre interne de confinement est le paramètre crucial qui détermine aussi bien la structure de la décharge que sa vitesse de propagation. Quelle que soit la nature du capillaire, la propagation de la décharge présente alors une vitesse optimale à tout autre paramètre constant pour une valeur donnée du diamètre de confinement. Dans le cas du verre, la vitesse est maximale pour un diamètre interne de 200  $\mu\text{m}$ . Des paramètres comme l'épaisseur et la permittivité diélectrique du capillaire possèdent également une influence sur la propagation de la décharge radialement confinée. Ainsi, la diminution de l'épaisseur ou de la permittivité diélectrique engendre une accélération de la décharge. Si l'épaisseur est très faible, la décharge peut même se déconfiner pour se propager à l'extérieur du capillaire. Une étude spectroscopique complémentaire montre que la réduction du diamètre de confinement implique une augmentation de la température du plasma, ce qui pourrait contribuer à l'obtention de ce profil de vitesse en fonction du diamètre de confinement. L'étude du confinement axial des décharges a ensuite été réalisée en insérant des membranes de différentes natures et caractéristiques, perpendiculairement à l'axe pointe plan. Les résultats montrent que la décharge présente une propagation en trois étapes : pointe/membrane, radialement au voisinage de la membrane, puis membrane/plan sous certaines conditions. Dans cette étude, nous avons mis en évidence l'importance du critère poreux ou non de la membrane. En effet, dans le cas poreux, la propagation de la décharge dans l'ensemble du gap est continue, même pour les plus petites porosités étudiées de l'ordre de la dizaine de  $\mu\text{m}$ . Dans le cas non poreux, la propagation est discontinue, et il est nécessaire pour assurer la propagation dans l'ensemble du gap qu'un ré-allumage ait lieu de l'autre côté de la membrane. Après l'instant de l'impact sur la membrane, la décharge marque un arrêt qui correspond à la réorganisation des charges et à la restructuration du champ électrique dans le gap. Elle se propage ensuite radialement au voisinage de la membrane en plusieurs fronts d'ionisation qui partent à partir du point d'impact. Si les conditions de claquage sont réunies dans le volume membrane/plan, alors un ré-allumage apparaît à partir de la membrane pour atteindre le plan. L'étude de ces ré-allumages semble montrer l'importance de la position de la membrane au sein de l'espace inter-électrodes et de la dynamique des charges aux surfaces de la membrane. Plus on diminue la distance membrane/plan, plus il est facile d'observer ces ré-allumages. Nous montrons également que la diminution de la permittivité diélectrique de la membrane ou l'augmentation de son épaisseur, semble augmenter la probabilité de propagation dans l'ensemble du gap. Dans le cas poreux, nous avons également mis en évidence l'influence de la taille des pores de la membrane sur l'ensemble des étapes de propagation. Lorsque la porosité est inférieure à 100  $\mu\text{m}$  la propagation de la décharge est ralentie du fait de la difficulté de la décharge à traverser directement le matériau.

## Abstract :

This study is an attempt to understand the mechanisms involved in the propagation of pulsed corona discharges at atmospheric pressure inside porous and/or alveolar media. Due to the complexity of these phenomena which hardly depends on plasma/surface interactions, the study was focused first on the propagation inside basic structures of confinement, before doing it in more complex media, such as monolithic cordierites or foams. Therefore, capillaries have been used to radially confine the discharge propagation. Thanks to highly resolved optical and current diagnostics, we succeed in describing precisely the propagation. A correlation of these diagnostics allowed us to measure propagation velocity inside opaque media. Results show that geometry is the key parameter which both governs the discharge structure and the propagation velocity. Electrical parameters of the discharge ignition have a great role in the propagation also. In case of square and rectangular capillaries, the local electric field enhancement due to edges attracts the discharge. In case of round capillaries, the internal diameter becomes the key parameter which governs the pattern of the discharge and its velocity. Whatever the kind of capillary used, the velocity of propagation shows an optimal value for a given internal diameter, at all others parameters constants. In case of glass capillaries, this maximum value is obtained for a 200  $\mu\text{m}$  internal diameter. Parameters such as wall thickness or dielectric permittivity have also an influence on the propagation velocity. The decrease of the thickness or the dielectric permittivity implies an increase of the propagation velocity. If the thickness is small enough, we observe that the discharge is able to propagate outside the tube. A complementary spectroscopic study of that kind of discharge shows that the plasma temperature depends on the internal diameter, and warming observed for smallest internal diameters could contribute to the internal diameter/velocity of propagation relation. The study of the axial confinement of the propagation of the discharge has been made thanks to different kinds of dielectric membranes, perpendicularly inserted between the electrodes. Results show that the propagation of the discharge is a three step process: tip to membrane propagation, radial propagation near the membrane surfaces, and membrane to plane propagation under specific conditions. The porous feature of the membrane has a key role in the propagation. In case of porous membranes, the whole propagation in the gap is continuous, even for the smallest porosities under investigations ( $\sim 10\mu\text{m}$ ). In case of non porous films, the propagation by three step processes is no more continuous, and the propagation in the entire gap needs a re-ignition of the discharge on the other side of the membrane. After its impact on the membrane, the discharge stops on the dielectric while the charges and the electric field are self reorganized. Then a radial propagation of several ionization waves starts near the membrane surface. If the disruptive voltage is reached behind the obstacle, a re-ignition could occur in the membrane/plane gap and reach the cathode. Investigation on these reignition conditions shows that the key parameters seem to be the position of the membrane inside the gap and the dynamics of the surface charges on the membrane. Closer is the membrane to the plane, higher is the probability of seeing re-ignitions. Results also show that the decrease of the dielectric permittivity or the increase of the membrane thickness leads to more re-ignition events. In case of porous membrane, the pore size is the main parameter which will influence the propagation. When the pore size is below 100  $\mu\text{m}$ , the discharge propagation is slower due to the discharge difficulties to penetrate totally inside the material.