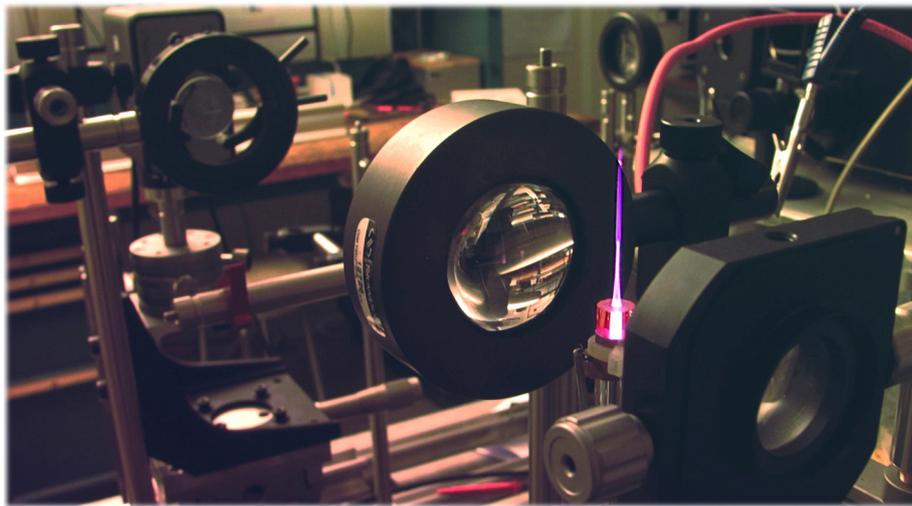


Etude d'un micro jet de plasma à pression atmosphérique

Study of a cold atmospheric pressure plasma micro jet

Lundi 17 février 2014 à 14h30

Amphi I, bât 210, Université Paris Sud, Orsay



Jury de thèse

Rapporteurs	Christophe Laux	EM2C, Châtenay-Malabry
	Jean-Michel Pouvesle	GREMI, Orléans
Examineurs	Pierre-Marie Girard	Institut Curie, Orsay
	Leanne Pitchford	LAPLACE, Toulouse
	Jean-Marcel Rax	LOA, Palaiseau
	Nader Sadeghi	LiPhy, Grenoble
Directeur de thèse	Vincent Puech	LPGP, Orsay

*La soutenance sera suivie d'un pot à l'amphi II
auquel vous êtes cordialement invité !*

Résumé

Ces dernières années un nouveau type de décharges hors équilibre thermodynamique, aptes à générer des micro jets de plasma se propageant en atmosphère libre, a suscité beaucoup d'intérêt dans la communauté scientifique. Ces micro jets, produits dans des structures type décharge à barrière diélectrique, ont des propriétés particulièrement intéressantes, tant sur le plan de la physique des plasmas que sur celui des applications, en particulier pour des applications biomédicales ou de traitement de surface.

Dans ce travail de thèse il est démontré que ces jets de plasma correspondent à la propagation à grande vitesse d'un front d'ionisation sans déplacement de matière. Une caractérisation des propriétés des jets (vitesse et distance de propagation) a été effectuée en fonction de la tension appliquée, du débit, de la composition du gaz, et de la géométrie de la décharge. La distribution spatio-temporelle des espèces réactives produites par le jet a été mesurée, et en particulier celle de l'état métastable He (2^3S) mesuré par absorption laser. Des densités comprises entre 1.10^{12} et 5.10^{13} cm^{-3} ont été obtenues pour l'état He (2^3S). Sa distribution est annulaire à la sortie de la structure de la décharge et se referme le long du jet. La densité maximale est obtenue à une distance correspondant à la moitié de la zone où les atomes métastables sont présents, ce qui est en contradiction avec les modèles actuels. De plus, afin de mieux comprendre la physique des jets de plasma, nous avons fait interagir deux jets placés l'un en face de l'autre. L'étude de la contre propagation de deux jets révèle qu'il existe une distance minimale d'approche laissant entre eux une zone exempte de plasma. Après l'extinction des deux plasmas, une seconde décharge s'amorce exactement dans cette zone. Une étude détaillée couplant diagnostics électrique, imagerie ultra-rapide et spectroscopie d'émission nous a permis de montrer que cette décharge secondaire est due à une inversion de polarité conduisant à la création transitoire d'un piège à électrons.

Dans le but d'aborder l'étude des applications des jets de plasma au domaine biologique, nous avons également étudié la dégradation de l'ADN plasmidique par un jet de plasma. Nous avons mis en évidence que ce type de plasma induit majoritairement des cassures simples et doubles brins, alors que très peu d'oxydations de base ou de sites abasiques sont observés, ceci même avec l'ajout de quelques pourcents d'oxygène dans le gaz.

Abstract

Micro plasma jets operating at atmospheric pressure in free atmosphere have recently attracted great attention because of their numerous advantages. In fact, micro plasma jets can be operated stably at atmospheric pressure and propagated over some centimeters in a free atmosphere. Moreover, these jets are non-thermal plasmas and create numerous reactive species. These properties allow to use this kind of plasma in many applications, such as surface treatment, decontamination, and plasma medicine. In this work it is shown that these micro plasma jets correspond to the fast propagation of an ionization front with no displacement of matter. A characterization of the plasma properties (e.g. distance and velocity of propagation) has been done as a function of the applied voltage, gas flow, gas composition and discharge geometry. The spatiotemporal distribution of the reactive species created by the plasma has been measured, with a special focus on the helium metastable atoms which have been measured by absorption laser spectroscopy. The helium metastable atom densities obtained are in the range of $1 \cdot 10^{12}$ to $5 \cdot 10^{13}$ cm^{-3} . Thanks to a very good spatiotemporal resolution, we have done a time-resolved full cartography of the plasma. This allowed us to show that the helium metastable atom distribution is annular near the nozzle and becomes circular as the plasma propagates. The maximum helium metastable atoms density has been measured at about half of the distance where the helium metastable atoms are present. This observation is in contradiction with results reported by numerical models. To gain further insight into the physical processes of the plasma, we have placed two micro plasma jets face to face. This study showed that both plasmas interact in such a way that they never come into contact, leaving a space free of plasma between them. Moreover, we revealed that after the extinction of the plasmas, a second discharge is ignited in the previously free space. Fast imaging, spectroscopy diagnostics and electrical measurements showed that this second discharge is due to a polarity reversal, which creates an electron trap. Aiming the study of the application of micro plasma jets in the plasma medicine field, we have studied the degradation of plasmid DNA by our plasma jet. We observed that the plasma treatment leads mostly to single and double strands breaks, and to very little base oxidation and abasite site, even when oxygen is added into the gas mixture.