



Nicolas MOREAU

***Décharge nanoseconde dans l'air et en mélange air/propane
Application au déclenchement de combustion***

Thèse soutenue le 1^{er} juillet 2011

Travail effectué sous la direction de Stéphane PASQUIERS (DR CNRS)

Cette étude a pour objet les décharges haute-tension nanoseconde dans l'air à des pressions supérieures ou égale à la pression atmosphérique, en géométrie pointe-plan, et leur application au déclenchement de combustion en mélange air/propane. Ces décharges fortement hors-équilibres sont susceptibles de former une concentration significative d'espèces réactives et nous analysons leur capacité à allumer un mélange combustible. Le générateur conçu est capable de fournir une impulsion de tension carrée de 40 à 80 kV avec un front de montée raide de 3 ns. A la pression atmosphérique, nous observons un type de décharge peu commun dans les précédentes études expérimentales de décharges couronnées : la décharge diffuse. On retrouve une décharge de type filamentaire en augmentant la distance pointe-plan ou en augmentant la pression, toutes choses égales par ailleurs. Nous mettons en avant par imagerie CCD rapide deux phases de développement de ces décharges, également analysées à l'aide de simulations COMSOL. Pour une pression de 1 bar, l'application de ces décharges à un mélange combustible air/propane provoque un allumage à la pointe, avec une énergie minimale de décharge de 8 ± 2 mJ. L'inflammation est obtenue pour une impulsion de tension unique, et la richesse minimum pour l'obtenir est 0,7. La question de la contribution de l'apport radicalaire en comparaison de l'apport thermique à l'apparition du noyau de flamme se pose. L'analyse paramétrique basée sur l'effet de l'atome d'oxygène sur les délais d'inflammation montre qu'il est nécessaire de convertir entre 0,5 et 0,8% d'oxygène moléculaire pour pouvoir allumer à délai équivalent et avec 100 K de moins par rapport à une auto-inflammation. Par ailleurs, la température du gaz à 1 mm de la pointe a été mesurée par spectroscopie Raman spontanée, en collaboration avec le laboratoire CORIA (Rouen) : cette température reste proche de l'ambiante pour une énergie de 30 mJ et une concentration de propane de 1,7 %. Ainsi les radicaux jouent probablement un rôle non négligeable dans le déclenchement de combustion par décharge nanoseconde mono-impulsionnelle.

The present study deals with high voltage nanosecond discharges in air at equal or higher pressure than the atmospheric pressure in a point-to-plane geometry, and how they apply to the combustion triggering in air/propane mixtures. These highly non-equilibrium discharges can produce a significant concentration of reactive species and we analyse their ability to ignite combustion. The generator can produce a pulse voltage of 40 to 80 kV with a steep rise front of 3 ns. We observe an uncommon type of discharge at atmospheric pressure: the diffuse discharge. The common filamentary discharge occurs when we increase the point-to-plane distance or the pressure, all else being equal. With fast CCD imaging, we are able to identify two phases in the discharge evolution, which are also analysed with COMSOL simulations. At pressure of 1 bar, discharges can ignite an air/propane mixture at the point, with a minimal discharge energy depositing of 8 ± 2 mJ. Combustion occurs with a single voltage pulse, the minimal equivalence ratio being 0,7. This brings up the question of the contribution of the radical part as compared to the thermal part as the kernel of the flame. The parametric analysis based on the effect of the oxygen atom on the ignition periods show that it is necessary to convert between 0,5 and 0,8% of molecular oxygen in order to ignite with a similar time period and temperature reduced by 100K, as compared to auto-inflammation. Moreover the temperature of gas at 1 mm from the point has been measured by Raman Spectroscopy, in collaboration with the CORIA laboratory (Rouen): this temperature remains close to the ambient one for deposited energy of 30 mJ and a propane concentration of 1,7%. Thus radicals may play quite an important part in the triggering of combustion by nanosecond mono-pulse discharges.



Université Paris-Sud 11 - Bât. 210 - 91405 ORSAY Cedex
FRANCE

<http://www.lpgp.u-psud.fr>

