

DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE LILLE 1 SCIENCES ET TECHNOLOGIES

N° d'ordre : 42030

NOM/PRENOM DU CANDIDAT : BOUMEHDI MOHAMED AMINE

Ecole doctorale : Sciences de la Matière, du Rayonnement et de l'Environnement
Laboratoire : Physico-Chimie des Processus de Combustion et de l'Atmosphère
Discipline : Optique, Lasers, Physico-Chimie, Atmosphère
Si cotutelle, établissement partenaire :

JURY :

- Directeur(s) de thèse : Pascale Desgroux, Guillaume Vanhove, Svetlana Starikovskaiia
- Rapporteurs : Rene Fournet, Armelle Cessou
- Examineurs : Pierre Tardiveau, Julian Khashdan, Jean-Francois Pauwels

SOUTENANCE : 2 Mai 2016 à 14h30 Amphi Glorieux Cerla

TITRE DE LA THESE :

Interaction entre plasma froids et combustion aux températures basses et intermédiaires :
approche expérimentale

RESUME :

La nécessité de réduire la formation de polluants tels que les oxydes d'azote et les particules de suie a conduit à étendre le domaine paramétrique des moteurs à combustion interne vers des mélanges en carburant plus pauvres et des températures de flamme moins élevées. Ces modifications entraînent des instabilités de combustion, qui pourraient être considérablement réduites grâce à la mise en œuvre contrôlée de décharges nanosecondes « ou plasma froids », qui suscitent un intérêt grandissant

L'étude réalisée dans ce mémoire s'inscrit dans un contexte original de combustion basse température assistée par plasma froid et a impliqué la collaboration entre le laboratoire Physicochimie des Processus de Combustion de l'Atmosphère de l'Université de Lille et le Laboratoire de Physique des Plasmas de l'Ecole Polytechnique de Palaiseau. Lors de ces travaux, une décharge nanoseconde à barrière diélectrique (DBD) a été utilisée dans le but d'initier la combustion pour des pressions comprises entre 1 et 19 bar au sein de la Machine à Compression Rapide (MCR) de Lille. Les expériences ont été effectuées pour différents carburants (méthane, *n*-butane, *n*-heptane) dilués dans de l'argon et du diazote afin d'atteindre des températures de cœur comprises entre 620 et 1000K.

Pour le méthane et le *n*-butane, une réduction significative du délai d'inflammation a été observée quand la tension à l'électrode est supérieure à une tension seuil. En dessous de cette tension seuil le système a le même comportement que lors d'une auto-inflammation. L'effet de la tension à l'électrode (amplitude et polarité) sur le délai d'inflammation a aussi été étudié.

Dans le cas du *n*-heptane, on constate que lorsque l'énergie déposée par la décharge augmente, trois régimes se succèdent : à basse énergie le mélange ne subit aucune inflammation, puis un régime présentant une flamme froide induite par plasma sans inflammation est obtenu pour des tensions comprises entre 34 et 42 kV, enfin une inflammation rapide est observée pour les plus hautes énergies. Une comparaison des espèces chimiques formées dans une flamme froide spontanée et une flamme froide induite par plasma a été effectuée. Le prélèvement et l'analyse GC/MS des intermédiaires stables produit durant la flamme froide montre une similitude entre les produits formés entre les deux cas.

DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE LILLE 1 SCIENCES ET TECHNOLOGIES

N° order: 42030

NAME/SURNAME OF THE CANDIDATE: BOUMEHDI MOHAMED AMINE

Doctoral School : Sciences de la Matière, du Rayonnement et de l'Environnement
Laboratory : Physico-Chimie des Processus de Combustion et de l'Atmosphère
Discipline : Optique, Lasers, Physico-Chimie, Atmosphère
In case of co-tutorial thesis, provide the partner institution :

THESIS COMMITTEE :

- Thesis supervisor(s) : Pascale Desgroux, Guillaume Vanhove, Svetlana Starikovskaiia
- Referees : Rene Fournet, Armelle Cessou
- Examiners : Pierre Tardiveau, Julian Khashdan, Jean-Francois Pauwels

DEFENSE : 2 May 2016 à 14h30 Amphi Glorieux Cerla

TITLE OF THE THESIS :

Interaction between cool plasma and low to intermediate temperatures combustion :
experimental approach

ABSTRACT :

In order to reduce the emission of pollutants in conventional engines, lean mixtures and low temperature conditions can be used. In this context, plasma discharges are very attractive in the purpose of ignition and flame stabilization. Non thermal plasma generated radicals, excited atoms and molecules, and charged particles can stimulate the chemistry leading to ignition. A nanosecond dielectric barrier discharge (DBD) was used to initiate combustion at moderate to high pressures in a Rapid Compression Machine (RCM) at the University of Lille. The discharge has a quasi-uniform radial geometry and was located in the proximity of the end plate of the combustion chamber of the RCM. Experiments were performed for methane, *n*-butane and *n*-heptane/O₂ mixtures diluted by Ar or N₂ for core gas temperatures at the end of compression respectively ranging from 620 to 1000 K. For the experiments carried out with methane and *n*-butane containing mixtures, a significant decrease of the ignition delay time is observed when the discharge voltage reaches a given value. Under this value, the system behaves as in the autoignition (AI) conditions. The existence of a minimal ignition voltage depending on the initial conditions was therefore demonstrated. The effect of the voltage (amplitude and polarity) on the electrode on the ignition delay for plasma assisted ignition (PAI) was studied. Under these conditions, it was shown that when the deposited energy increases, the heat release rate increases. These results were correlated with high speed imaging experiments, showing the propagation of the flame front from the electrode towards the piston. For *n*-heptane mixtures, a modification of the ignition behavior by the discharge has been demonstrated. When the discharge energy increases, the reactive system evolves from a situation where no ignition is observed, to a plasma induced cool flame occurring tens of ms after the discharge and finally, to fast ignition as in the other mixtures at high energy values.

A comparison between spontaneous cool flame and plasma assisted cool flame has also been performed. Gas sampling and GC/MS analyzing of the intermediate stable species produced during the cool flame show that no new species were formed in the case of plasma assisted cool flame.