



Proposition de sujet de Thèse

Titre : **Caractérisation du dépôt d'énergie par claquage laser en mélange réactif gazeux – application à la génération de déflagrations/détonations reproductibles**

Characterization of energy deposition by laser breakdown in a reactive gas mixture - application to the generation of reproducible deflagrations / detonations

Direction:	Stéphane PELLERIN [20%]	Jean-Marc BAUCHIRE [20%]
Contact tel :	02 48 27 27 42	02 38 49 48 84
Courriel :	stephane.pellerin@univ-orleans.fr	jean-marc.bauchire@univ-orleans.fr
co-Encadrants:	Steve RUDZ [30%]	Jean-Luc HANUS [30%]
Contact tel :	02 48 27 27 39	02 48 48 40 47
Courriel :	steve.rudz@univ-orleans.fr	jean-luc.hanus@insa-cvl.fr

Laboratoires d'accueil: **GREMI, UMR 7344 - Université d'Orléans/CNRS**
LaMé, EA 7494, INSA Centre Val de Loire, Universités d'Orléans et de Tours
(Lieu de travail principal : Site de Bourges)

Démarrage: Octobre 2021

Mots Clés: Claquage laser, déflagration / détonation, effet de souffle, spectroscopie (LIBS), simulation, mélanges de gaz réactif ;
Laser breakdown, déflagration / détonation, blast effect, spectroscopy (LIBS), simulation, reactive gas mixture.

Domaine : Sciences pour l'ingénieur : Plasma et Laser, Énergétique / Dynamique des structures

Référence : https://collegedoctoral-cvl.fr/as/ed/voirproposition.pl?site=CDCVL&matricule_prop=34106

L'allumage d'un mélange réactif gazeux par claquage laser nanoseconde est un domaine d'étude en pleine expansion [1]. Par rapport à l'allumage traditionnel au moyen d'un fil explosé, qui repose sur la vaporisation d'un filament de cuivre par décharge capacitive d'un courant de très forte intensité dans une charge gazeuse [2], ou par claquage électrique de type étincelle [3], le premier avantage du claquage laser réside dans une meilleure caractérisation de l'énergie déposée dans le milieu réactif. En effet, cette technologie permet de s'affranchir des pertes thermiques inhérentes au placement des électrodes. Le second avantage est associé à la sécurité du dispositif avec une charge gazeuse isolée de tout système électrique.

Bien que cette technologie soit un pas en avant dans la sécurité des installations et dans la caractérisation de l'énergie déposée nécessaire à l'allumage d'un mélange réactif, la compréhension phénoménologique d'un allumage doit être améliorée. Actuellement, la théorie associée à la phénoménologie du claquage laser distingue deux types d'énergies déposées : thermique et mécanique, mais sans que la part de chacune d'elle dans l'énergie déposée totale ne soit connue. Pourtant, cette connaissance permettrait un meilleur contrôle des domaines de régimes de déflagration et de détonation dont les secteurs d'applications s'étendent de la propulsion terrestre et spatiale à la prévention des risques associés aux effets des ondes de souffle sur un bâtiment.

L'objectif de la thèse sera d'étudier et modéliser le claquage laser en mélange réactif gazeux, en déterminant à la fois la part de chaque type d'énergie dans l'énergie déposée totale, mais aussi l'évolution de l'allumage vers un régime de déflagration/détonation, et son effet sur des structures-tests.

La caractérisation de l'énergie déposée par claquage laser se fera dans un réacteur dédié et instrumenté (GREMI) tandis que l'effet de souffle en résultant sera caractérisé sur une table d'explosion (LaMé).

Une méthode de spectroscopie par plasma induit par laser (LIBS) sera envisagée pour mesurer l'évolution temporelle de la concentration locale de combustible à partir de l'intensité d'émission des espèces atomiques issues de l'ionisation des molécules composant le carburant [4]. Enfin, les caractéristiques énergétiques et temporelles du claquage par laser seront comparées à celles de systèmes traditionnels éprouvés et déjà utilisés (étincelle électrique, fil explosé).



The ignition of a reactive gas mixture by nanosecond laser breakdown is a growing field of study [1]. Compared to traditional ignition by exploded wire, which is based on the vaporization of a copper filament by capacitive discharge of a current of very high intensity in a gaseous charge [2], or by electrical breakdown of spark type [3], the first advantage of laser breakdown lies in a better characterization of the energy deposited in the reactive medium. In fact, this technology makes it possible to overcome the thermal losses inherent in the placement of the electrodes. The second advantage is associated with the safety of the device with a gas charge isolated from any electrical system.

Although this technology is a step forward in the safety of installations and in the characterization of the deposited energy required to ignite a reactive mixture, the phenomenological understanding of an ignition needs to be improved. Currently, the theory associated with the phenomenology of laser breakdown distinguishes two types of deposited energies: thermal and mechanical, but without the part of each of them in the total deposited energy being known. However, this knowledge would allow better control of the domains of deflagration and detonation regimes whose application areas extend from land and space propulsion to the prevention of risks associated with the effects of blast waves on a building.

The objective of the thesis will be to study and model laser breakdown in a reactive gas mixture, by determining both the part of each type of energy in the total energy deposited, but also the evolution of ignition towards a deflagration / detonation regime, and its effect on test structures.

The characterization of the energy deposited by laser breakdown will be done in a dedicated and instrumented reactor (GREMI) while the resulting blast effect will be characterized on an explosion table (LaMé).

A laser induced plasma spectroscopy (LIBS) method will be considered to determine the temporal evolution of the local fuel concentration from the emission intensity of the atomic species resulting from the ionization of the molecules composing the fuel [4]. Finally, the energetic and temporal characteristics of the breakdown by laser will be compared with those of traditional systems tested and already used (electric spark, exploded wire).

1. Prasad RK et al. 2017. Laser ignition and flame kernel characterization of HCNG in a constant volume combustion chamber. Fuel 190
2. Brossard J. et al. 1988. Overpressure imposed by a blast wave, Prog. Astronaut. Aeronaut. 114
3. Zaepffel C, Hong D, Bauchire JM. 2007. Experimental study of an electric discharge used in reactive media ignition, J Phys. D: Appl. Phys. 40 (4)
4. George R. 2017. Développement de nouvelles stratégies d'allumage laser : application à la propulsion aéronautique et/ou spatiale, Thèse de Doctorat de l'Université Paris-Saclay

Informations sur les laboratoires d'accueil :

Le sujet proposé est transversal entre deux établissements de la Région CVL: l'Université d'Orléans et l'INSA CVL. Les deux laboratoires où le Doctorant effectuera son travail, le GREMI et le LaMé, sont basés sur le Campus Turly (site de l'IUT18) du site universitaire de Bourges.

Le GREMI est une Unité Mixte de Recherche de l'Université d'Orléans et du CNRS. Le site principal du laboratoire est situé sur le campus orléonais, mais il dispose d'une 'antenne' sur le site de Bourges.

Les recherches, à très fort caractère expérimental, concernent les procédés plasmas et laser ainsi que leurs applications dans des domaines très variés : énergétique, matériaux, micro-électronique, nanotechnologies, métrologie, sources de rayonnement, biomédical, propulsion, transports et environnement.

Les études à vocation technologique sont privilégiées mais les aspects fondamentaux de la recherche sont très présents et généralement abordés en liaison avec les applications.

Site WEB du laboratoire : <http://www.univ-orleans.fr/gremi/>

Le LaMé est le laboratoire de la Région Centre Val de Loire commun aux Universités d'Orléans et de Tours, et l'INSA Centre Val de Loire, réunissant leurs équipes de recherche dans le domaine de la mécanique des matériaux, des structures et du génie civil. Cette unité de recherche regroupe 54 enseignants-chercheurs permanents et une quarantaine de doctorants.

Site WEB du laboratoire : <https://www.mechlabgabriellame.fr/>



Profil recherché :

Physique, Energétique et/ou mécanique et/ou acoustique.

Dans l'idéal, le candidat devrait posséder des connaissances en Energétique et en Physique/Chimie des Plasmas, en Optique, Imagerie et Spectroscopie Optique. Des connaissances générales sur la physique et sécurité laser, et des notions en spectroscopies laser seraient appréciées ;

Le doctorant prendra en charge l'assemblage, l'intégration et les tests des constituants critiques du système (lasers - spectromètres - optique de focalisation et d'imagerie du plasma). Cette phase intègre notamment le montage, l'alignement et l'optimisation des sources laser dédiées LIBS intégrées dans le système. Il aura également en charge l'analyse des résultats, la validation des performances de l'ensemble du banc de laboratoire et la caractérisation de la répétabilité des observations.

Physics, Energetics and / or mechanics and / or acoustics.

Ideally, the candidate should have knowledge of Energetics and Plasma Physics / Chemistry, Optics, Imaging and Optical Spectroscopy. General knowledge of laser physics and safety, and notions of laser spectroscopy would be appreciated;

The PhD-student will take charge of the assembly, integration and testing of critical components of the system (lasers - spectrometers - focusing optics and plasma imaging). This phase notably includes the assembly, alignment and optimization of dedicated laser sources. He will also be in charge of analyzing the results, validating the performance of the entire laboratory bench and characterizing the repeatability of observations.

Niveau de français requis: C2

Niveau d'anglais requis : B1

Eléments à fournir pour la candidature :

Impérativement : contact préalable par mail avant le 11 avril 2021 → Envoyer CV, lettre de motivation, programme du master suivi et thème du stage de fin d'étude, éventuellement ajouter lettre de recommandation à : Candidature-Bgs@univ-orleans.fr

Dépôt de candidature sur ADUM, au plus tard le 3 mai 2021 à 12h00 :

< https://collegedoctoral-cvl.fr/as/ed/voirproposition.pl?site=CDCVL&matricule_prop=34106 >

Le choix du candidat se fera après audition par l'ED EMSTU d'Orléans (le 18 ou 19 mai), et sous réserve d'accord de la procédure ZRR ;