

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD - LYON I

DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT (Arrêté du 7 août 2006)

Date prévue pour la soutenance : 15 octobre 2012

N° d'étudiant

1	0	6	0	4	4	5	5
---	---	---	---	---	---	---	---

Nom et Prénom de l'auteur : MA, Qianli

Titre de la thèse : Structure et dynamique du plasma induit par laser en propagation dans un gaz ambiant d'argon

Résumé de la thèse :

Ce travail de thèse a pour but d'étudier la structure et la dynamique du plasma induit par une impulsion laser nanoseconde d'éclairement d'une dizaine de GW/cm^2 , sur la surface d'une cible métallique plongée dans un gaz ambiant d'argon à pression atmosphérique.

Les motivations du travail se situent à plusieurs niveaux. Tout d'abord, comme source d'émission spectroscopique, un tel plasma constitue la base de laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS), une technique analytique en plein développement. La maturation de cette technique nécessite une compréhension plus approfondie des mécanismes impliqués dans l'expansion du plasma. Cependant la phase d'émission spectroscopique du plasma intéressante pour la LIBS n'occupe qu'un intervalle de temps limité dans la durée de vie du plasma, typiquement entre une centaine de nanoseconde et quelques microsecondes après l'impact de l'impulsion sur la cible. A très courts délais, et notamment en présence de l'impulsion, l'expansion du plasma font

Intervenir un grand nombre de processus physiques. Ces derniers sont largement partagés par des plasmas beaucoup plus énergétiques qui peuvent être soit produits artificiellement par des lasers hors norme, tels qu'un laser Mégajoule, soit présents dans des milieux difficilement accessibles, tels que le milieu interstellaire. L'étude du plasma à l'échelle du laboratoire peut donc fournir un système-modèle qui pourrait permettre des études fines et systématiques à moindre coût. Enfin, la phase de condensation du plasma conduit à la formation de nanoparticules. L'étude de la structure et la dynamique de la phase gazeuse faciliterait ainsi la compréhension des mécanismes impliqués dans la condensation du plasma.

Ce travail a été rendu possible avec l'utilisation des techniques de diagnostic reposant sur la spectroscopie d'émission et l'imagerie spectrale rapide du plasma. Cette approche expérimentale constitue aussi une des originalités de ce travail de thèse. Grâce à l'application de telles techniques, plutôt classiques d'une manière générale, couplées avec un moyen de détection offrant une grande résolution temporelle et un montage expérimental à précision et à stabilité mécaniques extrêmement poussées, la structure d'un plasma a été révélée jusqu'à un degré de détail rarement atteint auparavant. La dynamique de la propagation du plasma dans un gaz ambiant a été ainsi étudiée en fonction du régime de l'onde d'absorption soutenue par laser. Un contrôle sur le régime de propagation a été notamment réalisé par ablations avec le fondamental et la troisième harmonique d'un laser Nd:YAG à 1064 nm et 355 nm respectivement.

Le mémoire de thèse est structuré de la manière suivante. Dans l'Introduction nous précisons le contexte et la motivation du travail. Nous rappelons dans le Chapitre 1 les aspects fondamentaux du plasma induit par laser incluant la génération du plasma et la propagation de celui dans un gaz ambiant. L'accent a été mis sur le phénomène de propagation soutenue par laser piloté par l'absorption du rayonnement laser par la vapeur-plasma et par le gaz comprimé en contact immédiat avec la vapeur. Le deuxième Chapitre présente les propriétés radiatives du plasma ainsi que les techniques de diagnostic optiques du plasma. Nous discutons notamment l'équilibre thermodynamique local du plasma et les lois de distribution statistique qui y règnent. Les méthodes d'extraction de paramètres du plasma, la densité électronique et la température, y sont décrites en détail. Le chapitre 3 contient une première partie de nos résultats expérimentaux obtenus dans ce travail de thèse. Nous y présentons le comportement du plasma pendant son expansion sur un intervalle de temps compris entre 0,5 et 5 μ s après l'impact de l'impulsion laser. Ces résultats ont été obtenus avec la spectroscopie d'émission résolue en temps et dans l'espace. Une deuxième partie de nos résultats concernant des délais plus courts entre quelques dizaines et quelques centaines de nanosecondes sont ensuite exposés dans le Chapitre 4. La technique d'imagerie spectrale rapide a été utilisée pour l'étude dans cette phase d'expansion du plasma. Les résultats présentés dans ces deux derniers chapitres de ce mémoire offrent une vision globale et détaillée de l'évolution du plasma dans les différents régimes de propagation soutenue par laser qui sont l'onde de combustion soutenue par laser pour une impulsion UV d'une part, et l'onde de détonation soutenue par laser pour une impulsion IR d'autre part. Nous terminons enfin le présent mémoire par la conclusion de ce travail et les différentes perspectives qui en découlent.