

Caractérisation expérimentale de plasmas induits par impulsion laser en régime de double impulsion

A. Favre¹, V. Morel¹, C. Grisolia², A. Bultel¹

¹CORIA UMR 6614, Université de Rouen – Normandie, 76801 Saint-Etienne du Rouvray

²CEA, IRFM, Site de Cadarache, 13108 Saint-Paul-lez-Durance

mél: Aurelien.Favre@coria.fr

Les plasmas induits par laser peuvent être utilisés pour déterminer la composition multi-élémentaire d'échantillons solides, liquides ou gazeux. Eclairé par un faisceau laser focalisé travaillant en mode impulsif, l'échantillon accède localement à des niveaux de température très élevés (de l'ordre de quelques 10 000 K) permettant la production d'un plasma porté à des niveaux de pression également très élevés (de l'ordre de quelques GPa). Cette augmentation de pression induit l'expansion hypersonique du plasma produit et conduit à son refroidissement, la durée de vie du phénomène n'excédant pas quelques dizaines de μ s. Pendant la phase de relaxation, la recombinaison du plasma a lieu. Un continuum est d'abord émis, qui fait ensuite place à l'émission de raies ioniques puis atomiques.

L'analyse de la lumière émise par le plasma par spectroscopie d'émission optique peut conduire à la composition du plasma, donc à celle de l'échantillon si des hypothèses fondamentales sont remplies. Parmi ces hypothèses, la plus restrictive est incontestablement la réalisation de l'équilibre thermodynamique local. En effet, puisque seule la spectroscopie d'émission est utilisée, la densité de population des états excités peut être déterminée. La densité de population des états fondamentaux est ensuite déterminée en exploitant les caractéristiques de la distribution de Boltzmann si l'équilibre thermodynamique local est réalisé. La composition du plasma étant ainsi connue, le passage à celle de l'échantillon est alors garanti si les effets de matrice jouent un rôle négligeable. Cette méthode de diagnostic est la « Laser-Induced Breakdown Spectroscopy » (LIBS).

Pour des cas particuliers où l'on cherche à mesurer la fraction molaire d'éléments minoritaires ou des traces dans l'échantillon ou encore dans le cas d'espèces difficiles à exciter, les expériences en régime de double impulsion peuvent conduire à des améliorations significatives en termes de limite de détection. Elles consistent à éclairer par une seconde impulsion laser le plasma produit par la première impulsion. Ses caractéristiques (durée, longueur d'onde, énergie) peuvent être différentes de la première impulsion laser. Le délai entre les deux impulsions joue un rôle très important. Cette configuration permet d'atteindre des températures supérieures à celles obtenues lorsque l'énergie totale est contenue dans une seule impulsion.

Nous avons effectué des expériences dans ce type de configuration. La première impulsion (1064 nm, 30 ps, 14 mJ) est utilisée pour produire des plasmas dans l'air ou sur des échantillons métalliques (aluminium, tungstène) à l'aide d'une lentille de 10 cm distance focale. La seconde impulsion (532 nm, 6 ns, 65 mJ) est temporellement décalée (de Δt) et focalisée avec une seconde lentille de 15 cm de distance focale sur le plasma produit par l'impulsion laser ps. Les directions des faisceaux laser sont perpendiculaires. La caractérisation spectroscopique détaillée des plasmas produits est effectuée en fonction de Δt .

Cette communication sera présentée sous forme de poster.

Remerciements

Cette étude est en partie financée par le projet TRANSAT (under the grant agreement no 754586), la Fédération de Recherche sur la Fusion par Confinement Magnétique FR-FCM-ITER et le LabEx EMC³ (Energy, Materials and Clean Combustion Center, ANR-10-LABX-09-01).