

## Transmission de fortes puissances UV par fibre optique

A.S. Guillon, Ph. Delaporte, M. Sentis et O. Uteza

*Institut de Recherche sur les Phénomènes Hors Équilibre, Laboratoire Lasers, Plasmas et Procédés Photoniques, 163 avenue de Luminy, 13288 Marseille cedex 9, France*

**Résumé :** Dans le cadre d'un projet de décontamination en milieu nucléaire par laser excimère, nous avons étudié la transmission, dans le domaine de l'ultraviolet de fortes puissances laser par fibre optique. Les centres colorés de type 'Non Bridging Oxygen Hole', qui sont responsables de la chute de la transmission de la fibre optique lors de son irradiation par un laser XeCl, ont été étudiés. L'influence de certains paramètres laser, tels que énergie, fréquence et durée d'impulsion, sur la transmission de la fibre optique a été déterminée, et nous en avons déduit les conditions optimales de fonctionnement du laser pour obtenir un rendement de transmission élevé. Un modèle numérique, simulant la création et la disparition des centres colorés ainsi que l'absorption des photons par ces centres a été développé. Il permet de simuler, en fonction des conditions expérimentales, le comportement de la transmission tir à tir de la fibre optique. Un faisceau de 83 fibres de 5 mètres a été développé pour permettre la transmission de fortes énergies laser. Ce dispositif a été couplé à un laser XeCl pouvant délivrer des énergies de 2J à une fréquence de 500Hz (CILAS UV 635).

### 1. INTRODUCTION

Les fortes puissances moyennes délivrées par les lasers excimères, ainsi que leur courte longueur d'onde, leur confèrent des propriétés intéressantes pour l'ablation des matériaux. Un projet de décontamination nucléaire et bactériologique par laser excimère a été développé avec la société ONECTRA et le soutien de l'ANVAR. Après avoir démontré la faisabilité d'un nettoyage efficace par un laser XeCl (308nm) de surfaces d'acier inoxydable polluées par du césium, nous nous sommes attachés à étudier la transmission d'un faisceau laser de forte puissance moyenne par fibre optique.

### 2. CENTRES COLORES

Lors de nos expériences, nous avons utilisé des fibres en silice, multimodales à saut d'indice et avec un fort taux d'ions OH, de 600 $\mu$ m de cœur. Certaines sources de pertes en transmission ( $E_{\text{sortie}}/E_{\text{entrée}}$ ) sont indépendantes de l'état initial de la fibre : interface air/silice, diffusion Rayleigh, absorption intrinsèque du cœur, absorption à deux photons. L'analyse de la courbe de transmission tir à tir d'une fibre irradiée par un laser XeCl montre que la valeur de la transmission diminue rapidement lors des premiers tirs ( $\approx 2000$ ), puis se stabilise. De plus, quelques minutes après l'arrêt des tirs laser, la transmission de la fibre retrouve sa valeur initiale. Ce phénomène, réversible, est dû à la création de centres colorés par les photons incidents. Il s'agit de centres de type 'Non Bridging Oxygen Hole' (NBOH), que nous avons caractérisés par leur émission de fluorescence à 652nm [1]. Leur absorption est centrée à 257nm mais est encore significative à 308nm. Leur durée de vie a été déterminée à 150s, et le palier atteint par la transmission correspond à un équilibre entre le nombre de centres créés lors du tir laser et le nombre de centres disparaissant entre deux tirs. Un modèle numérique a été développé pour simuler la création et la disparition des centres NBOH, ainsi que l'absorption des photons par ces centres [2].

### 3. RESULTATS EXPERIMENTAUX

L'influence des paramètres laser, tels que fréquence de répétition, énergie et durée d'impulsion, sur le comportement tir à tir de la transmission et sur la valeur du palier de saturation a été analysée. La valeur du palier diminue lorsque l'énergie ou la fréquence augmente. Ce palier est atteint d'autant plus

rapidement que l'énergie est élevée et la fréquence faible. La figure 1 présente les courbes de transmission pour deux fréquences. Les courbes continues représentent les résultats obtenus avec le modèle numérique. On peut constater un bon accord entre ces courbes et les points expérimentaux. La figure 2 présente la valeur de la transmission, au palier de saturation, pour trois valeurs de densité de puissance à l'entrée des fibres. Pour une même puissance moyenne injectée dans la fibre, la transmission est meilleure si l'on utilise une fréquence de répétition élevée plutôt qu'une forte énergie laser par tir.

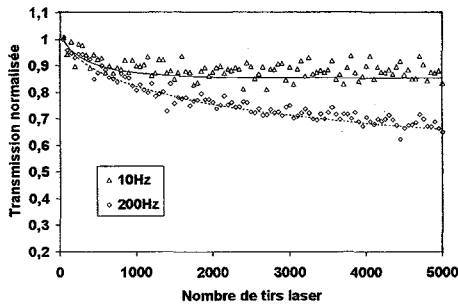


Figure 1 : Evolution tir à tir de la transmission pour une fibre de 2m à  $5,6\text{J}/\text{cm}^2$ .

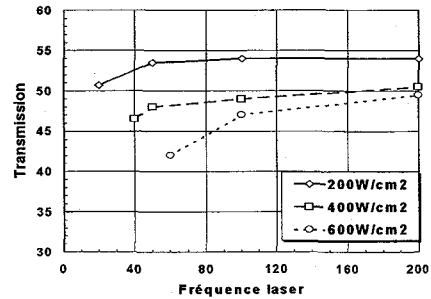


Figure 2 : Transmission en fonction de la fréquence laser pour une fibre de 2m.

Ces résultats ont été obtenus en utilisant un laser ayant une durée d'impulsion de 30ns. Des études similaires ont été effectuées avec un laser de durée d'impulsion égale à 180ns [3], et nous avons mis en évidence qu'à énergie équivalente la création des centres NBOH était plus faible, et donc la transmission plus importante, pour les impulsions de longue durée [2].

La densité d'énergie en entrée de fibre qui permet un rendement optimum de la transmission a été estimée autour de  $3\text{J}/\text{cm}^2$ . Pour transmettre de fortes puissances, nous avons donc développé des faisceaux de fibres de forme rectangulaire. Bien que les fibres soient disposées en quinconce pour minimiser l'espace entre chacune d'elles, les pertes géométriques sont de 25%. Un dispositif optique de couplage du faisceau laser à l'entrée du faisceau de fibres a été réalisé, ainsi qu'un système de remise en forme du faisceau à la sortie des fibres et une buse d'aspiration des particules ablatées. Cet ensemble, comprenant un faisceau de 83 fibres de 5 mètres, a été couplé à un laser CILAS (UV635). Le rendement total de transmission (énergie sur cible/énergie laser) obtenu a été de 30% pour une puissance transmise de 100W à 300Hz. Des rendements supérieurs à 40% peuvent être facilement atteints avec ce même dispositif en utilisant des optiques avec un traitement anti-reflet à 308nm. Ce système a été fixé à l'extrémité du bras d'un robot Staubli et utilisé pour faire du décapage de peinture sur acier inoxydable à la vitesse de  $3\text{m}^2/\text{h}$ .

#### 4. CONCLUSION

L'étude des centres colorés NBOH créés dans la silice par un rayonnement ultraviolet nous a permis de comprendre les phénomènes d'absorption des photons UV dans une fibre en silice, et d'optimiser le rendement de transmission en fonction des paramètres laser. L'utilisation d'un faisceau de fibres permet désormais de décontaminer les zones difficilement accessibles et de décaper de grandes surfaces. Un dispositif de décapage par laser à excimères de forte puissance moyenne a ainsi été conçu, réalisé et testé.

#### Références

1. G. Escher, Proceedings of Int. Conf. on Excimer Beam applications, SPIE, Vol. 998, p. 30, (1988).
2. A.S. Gouillon, Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille III, Novembre 1998.
3. N. Bernard et al., Applied Physics B, 62, p. 431, 1996.