

Proposition de thèse 2018 : DGA-AMU- Financée

Laboratoire: Institut Fresnel Marseille	Web site: http://www.fresnel.fr
Equipe: ILM (Interaction Lumière Matière)	Contact : jean-yves.natoli@fresnel.fr frank.wagner@fresnel.fr

1. Titre de la thèse

Etude du vieillissement (fatigue) de la silice et des cristaux non linéaires sous irradiations laser multiples en régime nanoseconde dans le domaine de l'UV (355nm et 266nm)

2. Contexte de la thèse

L'objectif de la thèse est d'étudier l'**interaction laser-matière** en **régime ns** dans l'UV à **355nm et 266nm**. La problématique concerne la tenue au flux et le vieillissement de la **silice UV** et des **cristaux non linéaires**. Pour la silice, on peut citer les challenges à 355nm, en terme de résistance au flux, sur le hublot de fin de chaîne et le réseau de focalisation du **Laser Mégajoule**. En ce qui concerne les cristaux non linéaires, le problème est critique à 266nm, limitant l'utilisation de **lasers solides dans l'UV** au profit des lasers excimer coûteux et exigeant des maintenances lourdes. Les collaborations avec le CEA-CESTA Bordeaux et la société Cristal Laser Nancy permettront un approvisionnement en matériaux à très fortes valeurs ajoutées et un retour sur leur fabrication, en vue d'améliorer les procédés d'élaboration. Le processus de fatigue est également très étudié pour améliorer les **cavités laser utilisées dans les missions spatiales** comme par exemple le projet CHEMCAM (CNES/NASA) ou ALADIN (ESA), où le nombre de tirs requis est très élevé durant la mission (10^9 tirs), ici encore, les collaborations seront actives durant la thèse.

3. Déroulement de la thèse :

L'enjeu est de comprendre l'évolution du matériau sous irradiations laser multiples. Pourquoi ces modifications, induites sous flux critique, conduisent, plus ou moins rapidement, à une dégradation du matériau jusqu'à l'endommagement ?

L'étude de la « fatigue » dans les matériaux optiques a été abordée depuis plusieurs années dans l'équipe ILM. Deux thèses (C. Gouldieff (2010-2013) et A. Beaudier (2014-2017)) ont été déjà dédiées à cette thématique. Nous avons notamment pu discriminer pour la première fois, deux effets pouvant rendre compte de la fatigue. Le premier, observé dans l'IR, a été attribué à un effet statistique lié au grand nombre de tirs vus par l'échantillon, alors que le second observé dans l'UV (355nm) est attribué à une réelle modification induite dans le matériau. L'amélioration de la tenue au flux laser sous irradiations multiples passe donc par **l'analyse et la compréhension des ces modifications induites par le faisceau durant l'irradiation**. Les derniers résultats obtenus en **fluorescence** montrent également, pour la première fois, des corrélations entre les étapes avant endommagement et des signes de modifications réversibles du matériau. Ces mesures récentes obtenues dans la silice à 266nm

doivent être poursuivies et comparées à des mesures à 355nm. Il faudra également, durant la thèse, **coupler** ces mesures de **fluorescence** à des mesures in situ **d'indices linéaires** (mesure de chemin optique avec camera Phasics) et **d'indices non linéaires** (technique Z-scan). L'ensemble de ces **diagnostics non destructifs in situ** sera effectué sur **différentes silices UV** et sur **cristaux non linéaires (KDP/ LBO/BBO)**. Dans ces derniers matériaux, aucun résultat préliminaire n'a encore été effectué. Il s'agira de résultats tout à fait nouveaux dans la communauté. D'autre part, il sera nécessaire de s'intéresser aux **couches minces optiques** les plus utilisées pour traiter les cristaux, comme **SiO₂, HfO₂,...** en discriminant l'évolution des couches comparées à celle du cristal, le vieillissement est en effet souvent critique aux interfaces des matériaux et sur les dépôts.

L'ensemble des expériences sera mené en tenant compte des **paramètres critiques pour la tenue aux flux laser** tels que la taille du faisceau, le profil temporel, le nombre de tirs, ainsi que le taux de répétition du laser. Ces données expérimentales constitueront donc une base de données nouvelle pour la communauté scientifique. **Un modèle adapté à ces nouvelles données expérimentales sera développé** durant la thèse afin de pouvoir décrire au mieux les mécanismes d'évolution du matériau sous flux.

4. Environnement de la thèse

La thèse sera effectuée dans l'équipe ILM de l'Institut Fresnel à Marseille (<http://www.fresnel.fr/spip/spip.php?article1101>), spécialiste de l'interaction laser matière au forts flux depuis presque 20 ans. Nous caractérisons le comportement sous flux laser intense de matériaux du régime nanoseconde au régime femtoseconde. Les mesures sont toujours complétées par des modélisations des processus physiques se produisant durant l'irradiation. La thèse bénéficiera donc de cette expertise et de l'ensemble du plateau technique "Photonique de Puissance" <http://www.fresnel.fr/spip/spip.php?article1134> de l'équipe. Cette plateforme offre, entre autre, un parc de lasers de puissance dans les régimes femto-seconde, nanoseconde et continu. Le dispositif expérimental principalement utilisé durant la thèse sera une source YAG (10ns) 100Hz (Spectra Physique) que l'on utilisera à 266nm et 355nm. Le diagnostic d'endommagement en tirs répétés sur cette source a déjà été développé et optimisé lors de deux thèses précédentes. Outre le dispositif de mesure de tenue au flux, les **moyens non destructifs** évoqués plus haut (fluorescence, mesures d'indices), mesures d'absorption et de transmission, l'équipe dispose également de **moyens de caractérisation ex-situ**, que le doctorant sera amené à utiliser pour la caractérisation des endommagements tels que la microscopie électronique à balayage, la microscopie à force atomique, la microscopie confocale, ainsi que la microscopie optique interférentielle.

Compétences et diplômes souhaités : instrumentation optique, pilotage instrumentation par Labview, base en physique des matériaux et caractérisations, travail en autonomie. Un diplôme de master ou d'ingénieur dans le domaine de la physique est requis.

Contact: [jean-yves.natoli@fresnel.fr/](mailto:jean-yves.natoli@fresnel.fr) [frank.wagner@fresnel.fr/](mailto:frank.wagner@fresnel.fr)

Financement : Un Financement **DGA-AMU est acquis** pour cette thèse (1870 € brut/mois).