

Les lasers à solides UV à impulsions courtes

G. Riboulet

B.M. Industries, 7 rue du Bois Chaland, Lisses, 91029 Evry cedex, France

Résumé : Les lasers à Solides connaissent depuis 5 ans un formidable développement grâce à la multiplication de techniques innovantes et la disponibilité de nouveaux matériaux non linéaires de qualité excellente. Ils fournissent des impulsions courtes, nanosecondes, picosecondes et femtosecondes, de UV à l'Infrarouge.

I) Les lasers à Solides UV à impulsions courtes

Un nombre considérable de techniques innovantes associé à la disponibilité de nouveaux matériaux ont engendré une diversité exceptionnelle de solutions lasers à solides autorisant l'accès à des impulsions de durées nanosecondes, picosecondes et femtosecondes.

L'utilisation de cristaux BBO ou LBO comme générateurs d'harmoniques permet des émissions lumineuses dans l'UV jusqu'à 205 nm.

Nous passons en revue synthétique des solutions lasers à solides UV fournissant des impulsions de quelque nanosecondes à quelques dizaines de femtosecondes.

II) Les lasers à Solides UV nanosecondes

II-1 Lasers Nd:YAG déclenchés

- Au début des années 1990, deux pas techniques essentiels ont transformé les performances des lasers Nd:YAG déclenchés :

- Les cavités nanosecondes transverses à miroir gaussien ou super gaussien, ou les cavités à transformé de Fourier. (Brevet B.M.I. – IRCOM LIMOGES)
- les nouvelles techniques de pompage des barreaux à haute efficacité.

Grâce à ces deux avancées techniques, les qualités de faisceaux sont maîtrisées et permettent, par transformation non linéaire, une émission UV sur faisceau limité par la diffraction avec d'excellents rendements.

- A énergie constante à 355 nm, les volumes des lasers (tête laser, alimentations, cavité de refroidissement) ont été réduits d'un facteur 5 de 1990 à 1996.

Les durées impulsions inférieures à 8 nanosecondes font des lasers Nd:YAG déclenchés triplés ou quadruplés d'excellents outils pour les expériences qui requièrent énergie et puissance crête (ablation).

II-II Oscillateurs paramétriques optiques OPO

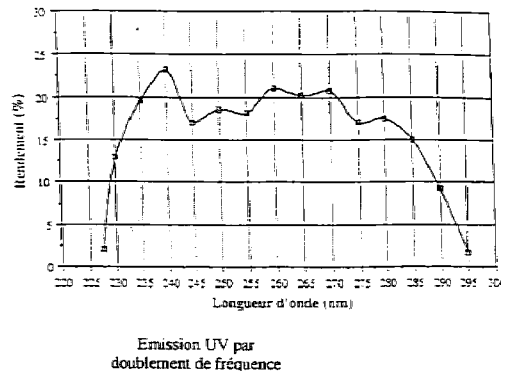
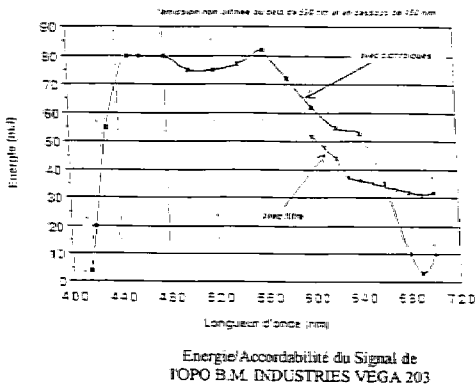
L'émission paramétrique optique dans un cristal non linéaire à partir d'une excitation lumineuse intense est une technique connue depuis l'origine du laser. Cependant, cette technique est restée très longtemps inexploitée en raison de la qualité incertaine des matériaux non linéaires adaptés.

Les qualités des cristaux BBO, LBO et KTP n'ont cessés de progresser depuis 1993 et ces cristaux sont aujourd'hui couramment utilisés dans ces oscillateurs ou amplificateurs paramétriques optiques et les performances sont parfaitement reproductibles.

B.M.INDUSTRIES a été la première entreprise au monde à développer un ensemble laser Nd:YAG déclenché doublé et triplé (pompe) et un oscillateur paramétrique optique de puissance.

Les gammes OP 901 (OPO large bande) et VEGA (OPO raie fine $0,1 \text{ cm}^{-1}$) autorisent l'accès à une émission lumineuse de durée de 5 nanosecondes, d'énergie supérieure à 100 mJ dans la bande spectrale 410 nm à 670 nm.

Par doublement de fréquences ou par mélange de fréquences, il est possible d'étendre cette émission dans les bandes spectrales de 210 à 410 nm.



III) Les lasers à Solides UV picosecondes

III-I Les lasers Nd:YAG à modes bloqués

Les lasers Nd:YAG à modes bloqués, doublés ou triplés, restent parmi les sources lumineuses les plus couramment utilisés pour les travaux de spectroscopie résolue en temps.

Deux types de sources sont disponibles :

- les lasers en régime modes bloqués passif – actif sont les plus conventionnels. Le blocage de mode est obtenu par une combinaison absorbant saturable liquide et bloqueur de modes acousto-optique.

- Les oscillateurs à modes bloqués et amplificateurs régénératifs. Ces lasers, plus onéreux, s'affranchissent de l'incertitude temporelle d'émission des lasers à modes bloqués par absorbant saturable. Certaines versions permettent des cadences de tirs très élevées : jusqu'à 1 mJ, à 355 nm, 25 ps à 1000 Hz.

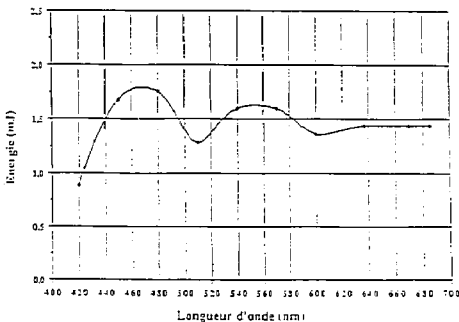
Une très grande amélioration a été apportée sur la qualité spectrale des faisceaux. Le mode TEM 00 est le plus courant, apportant à l'utilisateur une plus grande fiabilité des mesures effectuées au cours des expériences.

III-II Générateurs paramétriques optiques

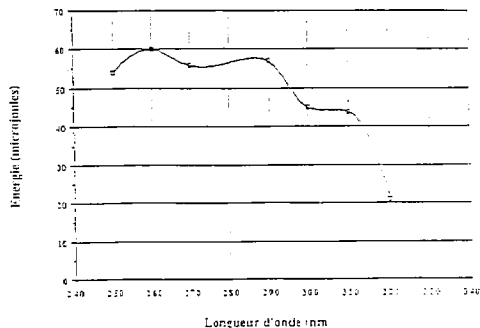
Les cristaux BBO ou LBO soumis à un éclairage intense ($> 1 \text{ GW} / \text{cm}^2$) génèrent une fluorescence paramétrique sous la forme d'anneaux colorés, de durée similaire à celle de l'éclairage.

Il est aussi possible d'obtenir des impulsions d'énergie supérieure à 1 mJ dans la bande spectrale 430 – 650 nm. Les largeurs de raie peuvent être choisies entre 3 cm^{-1} (limite de FOURIER) à 30 cm^{-1} , pour des durées de 30 ps.

Les générateurs et amplificateurs paramétriques OPG 901 et 902 de B.M.INDUSTRIES accompagnent les lasers Nd:YAG à modes bloqués pour l'obtention d'impulsions accordables de l'UV au domaine visible, sans qu'aucune manipulation ne soit nécessaire pour l'utilisateur.



Emission Signal du modèle OPG 902.355
(pompe 20 mJ à 355 nm, 30 ps)



Doublement de fréquence
du signal OPG 902.355

IV) Les lasers à Solides UV femtosecondes

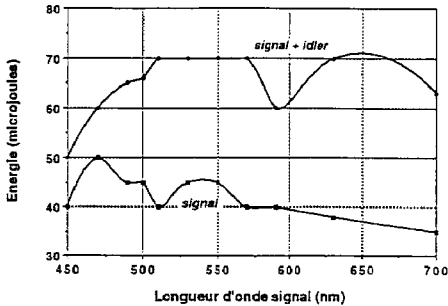
Le début des années 1990 a vu l'apparition des premiers lasers à modes bloqués de durées d'impulsions inférieures à 100 fs.

En 1992, B.M.INDUSTRIES présentait à Juan Les Pins (Congrès ultras-fast 1992) et CLEO Californie, un laser compact associant un oscillateur à modes bloqués pompé par laser Argon, un étireur temporel d'impulsions, un amplificateur régénératif à cristal Ti:Saphir pompé par laser Nd:YLF doublé 1-10 kHz et un module de compression d'impulsions.

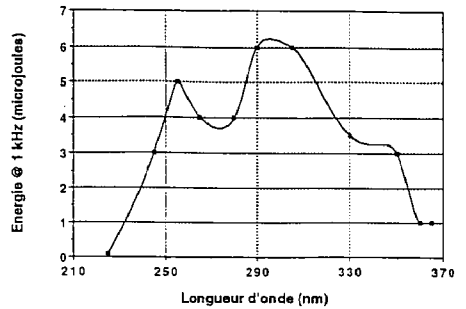
Les performances lumineuses typiques étaient de 1 mJ, 800 nm 150 fs à 1 kHz. Ces lasers ont connu un intérêt considérable, permettant le développement d'une gamme très complète :

- durée d'impulsions comprises entre 40 fs et 4 ps,
- spectre à la limite de FOURIER,
- extension de longueur d'onde par doublement et triplement de fréquences, et par génération paramétrique optique.

A cadence 10 Hz, ces mêmes techniques ont permis l'accès à des puissances crêtes supérieures à 20 TW, à l'aide de lasers pouvant être installés dans un laboratoire conventionnel. Ces sources internes sont en 1996 des outils très utilisés pour la génération de rayonnement X.



Accordabilité en sortie de VENTURI 03/400
(pompe ALPHA 1000/S.B.M. INDUSTRIES)



Doublement de fréquence du VENTURI 02/400

V) Perspectives

Les lasers à Solides UV impulsions courtes sont aujourd'hui les lasers les plus couramment utilisés dans les expériences de spectroscopie.

Les toutes nouvelles techniques de pompage des lasers à Solides par diodes font apparaître des perspectives de développement de lasers compacts particulièrement brillantes. L'association de ces lasers et des lasers accordables par génération paramétrique permet d'envisager une grande effervescence d'applications de ces lasers dans les domaines Scientifiques, Industriels et Médicaux dans les toutes prochaines années.