

**L U M A Q**

LUmière Matière Aquitaine Québec

Premier Symposium du laboratoire  
international associé

du 29 au 31 mars 2017  
Amphithéâtre de l'ICMCB

**INRS**  
UNIVERSITÉ DE RECHERCHE

 UNIVERSITÉ  
**LAVAL**

 **cnrs**  
CENTRE NATIONAL DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE

université  
de **BORDEAUX**

 Bordeaux INP  
AQUITAINE

 **cea**  
COMMISSION NATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE

# LUMAQ

Lumière Matière France Québec

Bienvenue au 1er symposium annuel du **LuMAQ**. Cet événement se déroule du 29 au 31 mars 2017 au laboratoire ICMCB de Pessac, en France. Les objectifs du colloque LUMAQ sont de réunir les spécialistes de renommée qui travaillent dans les domaines de la photonique et du laser, de présenter l'état actuel des travaux de recherche collaboratifs entre nos deux continents, et d'échanger sur l'évolution et les perspectives des projets.

Le consortium franco-canadien est formé autour de cinq laboratoires de recherche pour former un laboratoire international associé (LIA<sup>1</sup>) regroupant des institutions comme le CNRS, l'Université de Bordeaux, l'Université Laval et l'INRS avec trois laboratoires sur le site de l'Université de Bordeaux, l'ICMCB (UPR9048), le CELIA (UMR5107) et l'ISM (UMR5255), un laboratoire à l'Université Laval, le COPL, et un centre de l'INRS, le Centre Énergie, matériaux & Télécommunication (CEMT).

Le LIA LuMAQ a pour objectif de développer de nouveaux concepts et technologies de l'interaction Laser-Matière pour développer des nouveaux matériaux architecturés pour la photonique et des nouvelles technologies laser pour la photonique. Le programme scientifique du LIA, centré sur les matériaux, la photonique et les lasers, comprend **5 axes thématiques** :

- **Axe 1 – Nano- et micro-structures photoniques**
- **Axe 2 – Matériaux et surfaces hybrides et composites**
- **Axe 3 – Optique intégrée, fibres composites et multimatériaux**
- **Axe 4 – Matériaux et sources laser pour le proche et le moyen infrarouge**
- **Axe 5 – Lasers intenses et sources secondaires**

Un effort particulier est porté au programme « MOBILITÉ » du LIA pour soutenir les échanges de chercheurs et d'étudiants et le partage de connaissances au sein de cette aventure humaine.

Le consortium au sein du LIA offre la gamme des compétences nécessaires à la conduite de projets novateurs et ambitieux en photonique. L'ambition du LIA LuMAQ est d'aborder les aspects Recherche, Valorisation et Formation autour de cette thématique « photonique » qui pénètre, tous les jours davantage nos sociétés.

Thierry Cardinal, Younès Messaddeq

---

<sup>1</sup> Le LIA LuMAQ est un « laboratoire sans mur ». Il associe des laboratoires français rattachés au CNRS et des laboratoires canadiens rattachés à des institutions.

## Les membres fondateurs



## Les laboratoires et centres impliqués



## Les Financeurs



### SiteWeb

<http://laphia.labex.u-bordeaux.fr/Partenariats-Internationaux-LIA-LUMAQ/r1149.html>

# PROGRAMME

---

- 29 mars -

10:00 Discours introductifs

10:45 Présentation LIA - Thierry Cardinal, Younès Messaddeq

11:30 \* **Téa Skopak** - Verres germano gallate et fibres optiques pour une transmission étendue dans l'infrarouge

12:00 Pause déjeuner

14:00 **Yannick Petit** - Multi-functional structuring of different families of silver-containing photosensitive glasses by femtosecond laser

14:30 \* **Mathieu Chazot** - Caractérisation structurale de verre Ge-S-I pour l'élaboration et l'optimisation de fibres multimatériaux

14:50 **Réal Vallée** - Développement de sources laser fibrées pour l'infrarouge moyen

15:20 **Tigran Galstian** - La diffusion des molécules et la propagation de la chiralité structurale dans les milieux élastiques

15:50 Pause-café

16:20 **Nathan McClenaghan** - Photoinduced processes in molecule-based and quantum dot-molecule hybrids

16:50 \* **Arthur Le Camus** - Développement de composants pour l'infrarouge moyen photo-inscrits par impulsions ultra-brèves

- 30 mars -

09:00 **Marc Dussauze** - Spatial and geometry control of second order optical properties in inorganic amorphous materials

09:30 **Martin Bernier** - Inscription de réseaux de Bragg dans les fibres optiques par impulsions laser femtoseconde

10:00 **Xavier Ribeyre** - Production de paires électron/positron lors de la collision de deux faisceaux gamma produits avec des lasers intenses

10:30 Pause-café

11:00 **Patrizio Antici** - Accélération de particules par laser intense et applications à l'analyse d'œuvres d'art

11:30 \* **Samuel Beaulieu** - High Harmonic Generation and XUV Free Induction Decay From Electronic Wavepackets

11:50 **Tsuneyuki Ozaki** - High-order harmonics from laser-ablated solids

12:20 Pause déjeuner

13:30 **Etienne Brasselet** - Spin-orbit photonics with liquid crystal topological defects

14:00 **Matthieu Bellec** - Photo fluids and topological effects in laser-structured materials

14:20 **Vincent Rodriguez** - Relation structure/propriétés dans les verres TeO<sub>2</sub>-TaO<sub>5</sub>/2-ZnO

14:50 Pause - Poster

16: 20 Visite Laboratoires Université de Bordeaux + Programme Cotutelle / Programme éducationnel / Salle télé présence (réunions en parallèle)

## - 31 mars -

08:30 **Laurent Cognet** - Single particle tracking and localization microscopy for the investigation of nanoscale organizations in live brain tissues

09:00 **Mathieu Allix** - Tailoring crystallization in oxide glasses: transparent polycrystalline ceramics and nanostructured glass-ceramics

09:30 **Francois Légaré** - Optique nonlinéaire dans l'espace des fréquences

10:00 \* **Alain Abou Khalil** - Direct Laser Writing of new type of waveguides in silver containing glasses

10:30 Pause-café

11:00 **Yves de Koninck** - Fibre-optics probes for in vivo optogenetics; from single cells to hard-to-get-to areas of the nervous system

11:30 **Eric Cormier** - Sources et applications en champ fort dans l'infrarouge moyen

12:00 **Sylvain Danto** - Intermediate-Tg Phosphate and Tellurite Glasses For Multi-materials Fiber Devices

12:30 Pause déjeuner

14:00 **Sidney Ribeiro** - Down-shifting and Up-conversion to enhance the efficiency of solar cells

14:30 **Fiorenzo Vetrone** - Near-Infrared excited rare earth doped nanoparticles

14:50 **Véronique Juberá** - Vers de nouvelles céramiques optiques pour émission dans le moyen infrarouge

15:20 Pause-café

15:40 Discussion-Clôture, programmes et perspectives LIA

**Aquitaine - FR**   **Québec - CA**   **Brésil**   \* **Co-tutelle**

## Germano-gallate glasses and optical fiber for extended infrared transmission

Tea Skopak<sup>1,2</sup>, Yannick Ledemi<sup>2</sup>, Steeve Morency<sup>2</sup>, Thierry Cardinal<sup>1</sup>, Evelyne Fargin<sup>1</sup> and Younès Messaddeq<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux, ICMCB-CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux, France

<sup>2</sup>Centre d'Optique, Photonique et Laser, COPL, Université Laval, Québec, QC, Canada

Corresponding author email: [tea.skopak@icmcb.cnrs.fr](mailto:tea.skopak@icmcb.cnrs.fr)

Glasses for optical applications in the 3-5  $\mu\text{m}$  region, as molecular sensing, require adapted compositions with extended infrared transmission. Even though multiple exotic glasses like fluoride or chalcogenide glasses exhibit attractive properties (as low phonon energy or high refractive index), their complex processing, weak mechanical properties and/or limited chemical durability usually remain major issues. On the other hand, little attention has been devoted to gallium oxide based glasses, which may constitute excellent candidates for near- and mid-infrared optical applications.

Glasses from the  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ - $\text{GeO}_2$ - $\text{BaO}$ - $\text{K}_2\text{O}$  system could offer wider transparency in the long wavelength range (up to 6  $\mu\text{m}$ ) as compared to silica (around 2  $\mu\text{m}$ ). After being synthesized, thermal analysis was performed by DSC while transmission windows and refractive index were characterized. The difference between glass transition temperature and the onset of crystallization remains above 100°C which should lead to an easier formability of the glass for further applications.

From the study of this glass system, a  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ -rich composition was selected based on its thermal and physical properties to test its ability to be drawn into a fiber. Several techniques were then implemented: the traditional glass preform drawing, 'Rod in tube', 'Powder in tube' and drawing from the melt in a Pt crucible. The results obtained from each approach are compared and discussed.

### **Keywords:**

Glass, gallium oxide, gallate, germanate, exotic optical fiber, infrared

## Multi-functional structuring of different families of silver-containing photosensitive glasses by femtosecond laser

Yannick Petit,<sup>1,2</sup> Marie Vangheluwe,<sup>1,3</sup> Alain Abou Khalil,<sup>1,3</sup> Arthur Le Camus,<sup>1,3</sup> Eung-Jang Lee,<sup>1</sup> J.-C. Desmoulin,<sup>2</sup> Feng Liang,<sup>3</sup> Jean-Philippe Bérubé,<sup>3</sup> Sylvain Danto,<sup>2</sup> Inka Manek-Hönninger,<sup>2</sup> Evelyne Fargin,<sup>2</sup> Réal Vallée,<sup>3</sup> Thierry Cardinal,<sup>2</sup> & Lionel Canioni<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Center for Intense laser and Applications (CELLIA), University of Bordeaux, Talence, France

<sup>2</sup> Institute of Chemistry of the Condensed Matter of Bordeaux (ICMCB), University of Bordeaux, Pessac, France

<sup>3</sup> Center for Optics, Photonics and Lasers (COPL), Laval University, Quebec, Canada

[yannick.petit@u-bordeaux.fr](mailto:yannick.petit@u-bordeaux.fr)

Femtosecond laser-based material modification and structuring is a highly growing field of research and developments since it provides a versatile, robust and efficient approach to achieve promising advanced manufacturing of original photonics compounds and devices. In order to get access to new experimental and know-how abilities, it is possible to consider at least two main distinct routes: (i) one can explore new experimental parameters or degrees of freedom (such as e.g. laser parameters, temperature, atmosphere, external applied constraint...) to achieve new progress; (ii) one can also explore original materials with non-conventional compositions that allow laser-induced optical properties that cannot be reached in conventional materials [1].

In this framework of developing new approaches for three-dimensional bulk or surface femtosecond laser induced glass modification, we will first present recent developments by considering optical vortex-based laser structuring approaches in a silver-containing phosphate glass, which has led to original local external structuring (i.e. without affecting the glass matrix itself) as well as potential super-resolution sub-diffraction by means of single-beam or dual-beam processes in bulk or ribbon fibered geometries [2-5]. Secondly, we will present the behavior of different glass matrices with respect to the silver-based laser-induced multi-functional structuring, by detailing two aspects: (i) the successive and/or simultaneous laser and/or thermal processes in terms of management of silver elements from silver ions, to molecular silver clusters and subsequent metallic silver nanoparticles [6]; (ii) the feedback role of silver elements on the glass matrix modification [7]. All these approaches aim at controlling glass material modifications at the micro- and nano-scale to achieve multi-scale photonics architectures.

- [1] A. Royon, Y. Petit, G. Papon, M. Richardson, and L. Canioni, *Femtosecond Laser Induced Photochemistry in Tailored Materials*, *Optical Material Express* **1**(5), 866-882 (2011). [\[Invited\]](#)
- [2] K. Mishchik, Y. Petit, E. Brasselet, A. Royon, T. Cardinal, and L. Canioni, *Patterning linear and nonlinear optical properties of photosensitive glasses by structured light*, *Optics Letters*, **40**(2), 201-204 (2015).
- [3] Y. Petit, K. Mishchik, N. Varkentina, N. Marquestaut, A. Royon, I. Manek-Hönninger, T. Cardinal, and L. Canioni, *Dual-color control of direct laser writing in silver-containing phosphate glasses*, *Optics Letters* **40**(17), 4134-4137 (2015).
- [4] E.-J. Lee, Y. Petit, E. Brasselet, T. Cardinal, S.-H. Park, L. Canioni, *Laser Writing of Nonlinear Optical Properties in silver-doped phosphate glass*, *Optics Express*. (under submission)
- [5] S. Danto, F. Désévéday, Y. Petit, J.-C. Desmoulin, A. Abou Khalil, C. Strutynski, M. Dussauze, F. Smektala, L. Canioni, T. Cardinal, *Photo-inscriptible silver-containing phosphate glass ribbon fibers*, *Adv. Opt. Mater.* **4**(1), 162-168 (2016).
- [6] M. Vangheluwe, Y. Petit, N. Marquestaut, E. Fargin, A. Corcoran, F. Liang, R. Vallée, T. Cardinal, & L. Canioni, *Nanoparticles generation inside Ag-doped LBG glass by annealing or femtosecond laser irradiation*, *Opt. Mat. Expr.* **6**(3), 742-748 (2016).
- [7] M. Vangheluwe, F. Liang, Y. Petit, P. Hée, Y. Ledemi, S. Thomas, E. Fargin, T. Cardinal, Y. Messaddeq, L. Canioni, and R. Vallée, *Enhancement of nanogratings formation assisted by silver ions in a sodium gallophosphate glass*, *Optics Letters* **39**(9), 5191-5494 (2014).

### **Caractérisation structurale de verre Ge-S-I pour l'élaboration et l'optimisation de fibres multimatériaux**

Matthieu Chazot<sup>1,2</sup>,

Younès Messaddeq<sup>1</sup>, Vincent Rodriguez<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Université Laval, centre d'Optique, Photonique et Laser, 2375 rue de la terrasse, Québec (Qc), G1V0A6, Canada.

<sup>2</sup> Université de Bordeaux, Institut des Sciences Moléculaires, CNRS UMR5255, 351 cours de la libération, 33405 Talence Cedex, France.

Pour de nombreuses applications, le développement de nouveaux matériaux composites optiques est nécessaire. Afin de réaliser de nouvelles fibres multimatériaux, nous nous sommes intéressés aux verres de Ge-S-I qui présentent une transparence étendue du visible jusqu'à l'IR, ainsi qu'une bonne capacité à être fibré. Des verres sur et sous-stœchiométriques en soufre avec des concentrations en Iode variant de 5 à 15% molaire ont été synthétisés. La caractérisation des propriétés physique des échantillons nous a permis de mettre en avant une loi de composition permettant de sélectionner les systèmes ayant les propriétés optimales (Tg ou band-gap les plus élevés). Des tests de fibrage ont ensuite été effectués sur l'ensemble des échantillons démontrant la possibilité d'obtenir des fibres optiques sur une large gamme de compositions. Ces résultats nous ont permis de tracer un domaine de fibrage à l'intérieur du domaine de formation vitreuse, et un lien entre ce domaine et le nombre moyen de coordination par atome a ainsi pu être révélé. Un nouveau domaine de compositions présentant des propriétés optimales ainsi qu'une très bonne capacité à être fibré a pu être mis en avant. Nous avons ensuite réalisé une étude structurale multimodale complète par spectroscopie IR et Raman polarisé (VV et HV) des échantillons. Les connaissances fondamentales sur les relations structure locale – réponses vibrationnelles corrélées aux propriétés optiques linéaire et non linéaire permettent ainsi d'offrir une méthodologie unique pour l'étude et la fabrication de matériaux composites à fort potentiel pour la photonique guidée.



### **Développement de sources laser fibrées pour l'infrarouge moyen**

Réal Vallée

*Center for Optics, Photonics and Lasers (COPL), Laval University, Quebec, Canada*

On réfère couramment à la région spectrale de l'infrarouge moyen comme à l'empreinte digitale des molécules (molecular fingerprint). Dans les faits, en raison de leur forte résonance avec les fréquences fondamentales de vibration de la majorité des molécules, de nombreuses applications des sources lasers opérant dans cette région spectrale sont envisagées dans des domaines aussi variés que la spectroscopie, le biomédical ou les procédés industriels. Il appert cependant que le développement des sources laser opérant dans l'infrarouge moyen demeure encore très en retard par rapport à celles développées pour le proche infrarouge et le visible. Des progrès significatifs ont néanmoins vu le jour récemment, notamment avec l'avènement de fibres optiques à faibles pertes à base de verres fluorés et de chalcogénure.

Au cours de cet exposé, nous allons présenter un état de l'art des lasers à fibre opérant dans l'infrarouge moyen, avec une emphase particulière pour la région comprise entre 2.5 et 4  $\mu\text{m}$ . Les réalisations récentes ainsi que les potentiels respectifs des deux approches reposant sur le gain Raman ainsi que sur les ions de terres rares seront présentées. Différents sujets dont les sources CW à haute puissance opérant autour de 3 et 3.5  $\mu\text{m}$ , les versions pulsées de celle-ci et finalement la possibilité de générer des supercontinua couvrant une plage étendue de l'infrarouge moyen seront notamment abordés.

### **La diffusion des molécules et la propagation de la chiralité structurale dans les milieux élastiques**

Tigran Galstian, COPL, Université Laval, Québec

Diffusion in nature is usually considered as a smooth redistribution process. However, it appears that the diffusion of chiral molecules and the propagation of chirality may proceed in quite different ways. Indeed, in the present work, unexpected quantization of the diffusion process of chiral molecules is discovered in self-aligned molecular liquids. It is shown that the interpenetration of two liquids is forming discrete diffusion barrier-walls resulting into step-like concentration distribution of chiral molecules in space. The concentration gradient is at least an order of magnitude stronger from both sides of the barrier-wall compared to the gradient between those walls. It is also shown that this microscopic diffusion process may be controlled by macroscopic boundary conditions imposed on the host molecular system. Both of those phenomena are related to the collective long-range orientational "elastic" interactions of molecules of the host. The observed phenomena may radically change our understanding of diffusion of chiral molecules, among others, in the biological tissue, which contains many examples of self-aligned molecular liquids. This, in turn, has the potential to revolutionize the drug design and delivery techniques.

## Photoinduced processes in molecule-based systems and quantum dot-molecule hybrids

Nathan D. McClenaghan and Gediminas Jonusauskas

Email: [nathan.mcclenaghan@u-bordeaux.fr](mailto:nathan.mcclenaghan@u-bordeaux.fr)

Homepage: <http://mcclenaghan.ism.u-bordeaux1.fr>

One key goal of our work is to instil photoactivity into non-covalent molecular assemblies ranging from molecular machines to microscopic capsules using a range of photoinduced processes as well as developing photostable chromophores. Indeed, an arsenal of photoinduced processes are available (such as energy and electron transfer) to induce function at the nanoscale, and which can be studied down to the sub-picosecond level. For instance, underexploited reversible electronic energy transfer will be highlighted, which allows dramatic modification of the nature and excited-state lifetime of supramolecular systems.<sup>1</sup> Recently we showed this process can be harnessed to control and signal non-covalent nanoassembly of pseudorotaxanes, exemplified through a "foldaxane" architecture<sup>2</sup> and we now extend the scope to encompass quantum dots.

1. S. Denisov, S. Yu, G. Jonusauskas, J.-L. Pozzo and N.D. McClenaghan, *ChemPhysChem*, **2016**, *17*, 1794-1804.
2. S.A. Denisov, Q. Gan, X. Wang, L. Scarpantonio, Y. Ferrand, B. Kauffmann, G. Jonusauskas, I. Huc and N.D. McClenaghan, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2016**, *55*, 1328-1333.

## Développement de composants pour l'infrarouge moyen photo-inscrits par impulsions ultra-brèves

Arthur Le Camus,<sup>1,2</sup> Jean-Philippe Bérubé,<sup>2</sup> Téa Skopak,<sup>2,3</sup> Sandra Messaddeq,<sup>2</sup> Younes Messaddeq,<sup>2</sup> Thierry Cardinal,<sup>3</sup> Yannick Petit,<sup>1,3</sup> Lionel Canioni,<sup>1</sup> Réal Vallée<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centre Lasers Intenses et Applications (CELIA), Université de Bordeaux, Talence, France

<sup>2</sup> Centre d'Optique, Photonique et Lasers, Université de Laval, Québec, Canada

<sup>3</sup> Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux, Université de Bordeaux, Pessac, France

La structuration permanente d'un matériau diélectrique par laser femtoseconde est un moyen fiable et efficace pour la production de composants photoniques à base de guides d'onde comme des coupleurs. Pour le développement de tel dispositifs pour l'infrarouge moyen, nous nous intéressons aux verres à base d'oxydes lourds de Gallium, Germanium et Baryum (BGG), possédant une bonne transmission jusqu'à une longueur d'onde d'environ 5  $\mu\text{m}$  ainsi qu'une bonne résistance mécanique et chimique [1].

Des inscriptions par laser femtoseconde dans le volume d'échantillons de verres BGG, ont produit des changements d'indice réguliers, positifs, et élevés ( $\Delta n$  atteignant  $10^{-2}$ ). Ces caractéristiques sont propices à l'élaboration de circuits photoniques intégrés compacts. Des guides d'ondes rectilignes photo-inscrits ont été testés à une longueur d'onde de 2,8  $\mu\text{m}$ , montrant des pertes similaires à celles du matériau massif. Pour améliorer la transmission de tels guides, un verre BGG à faible concentration en impureté  $\text{OH}^-$  a été fabriqué en utilisant du fluor [2], et les guides d'ondes montrent alors des pertes suffisamment faibles ( $<0,4$  dB/cm) pour des applications de composants comme des coupleurs. Cet échantillon purifié en  $\text{OH}^-$  présente par contre des variations d'indice plus faibles et l'élaboration d'échantillons purifiés de meilleure qualité est en cours.

[1] : P. L. Higby et I. D. Aggarwal, Properties of barium gallium germanate glasses, J. Non-Cryst. Solids 163, 303-308 (1993).

[2] : S. S. Bayya et al., Optical transmission of BGG glasses materials, US patent, US 2005/0159289 A1, 2005.

## Spatial and geometry control of second order optical properties in inorganic amorphous materials.

M. Dussauze<sup>\*a</sup>, V. Rodriguez<sup>a</sup>, F. Adamietz<sup>a</sup>, F. Bondu<sup>a</sup>, A. Lepicard<sup>a</sup>, T. Cardinal<sup>b</sup>, E. Fargin<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Univ. Bordeaux, ISM, CNRS UMR 5255, F-33400 Talence, France;

<sup>b</sup>Univ. Bordeaux, ICMCB, CNRS UPR 9048, F-33600 Pessac

marc.dussauze@u-bordeaux.fr

### Abstract

We report on the ability of a thermal poling treatment to be considered as an imprinting process modifying both linear and nonlinear optical properties as well as surface morphology of glassy materials. Micro-patterned second harmonic generation responses have been achieved on a variety of inorganic amorphous materials including bulk or thinfilms of various compositions (silicate, niobate, tantalate ...). Using particular micro-patterned anodic electrodes, the poling imprinting process allows a geometry control of second order optical properties in isotropic materials. In addition, large area (up to several centimeters square) can be successfully micro-patterned using this approach.

It has been proven that field enhancement effects within the micro structured anode govern the charge density on the glass surface during the process and thus amplitudes of both implemented electric field (i.e. optical non linearity) and Maxwell stresses (surface topology).

# Inscription de réseaux de Bragg dans les fibres optiques par impulsions laser femtoseconde

Martin Bernier

COPL, Québec

### Résumé

L'avènement des impulsions brèves et intenses générées par les laser femtosecondes proche-infrarouges a permis d'apporter un nouveau souffle à la technologie mature des réseaux de Bragg à fibre optique conventionnellement inscrits par UV. Cette technologie maintenant accessoire a permis et continue de permettre des avancées scientifiques d'envergure dans plusieurs domaines d'application, notamment les télécommunications, les capteurs et les lasers industriels. L'absorption multiphotonique accessible en régime femtoseconde confère aux réseaux de Bragg photo-inscrits plusieurs propriétés distinctives par rapport à ceux obtenus par inscription UV. Il est notamment possible d'inscrire des réseaux de Bragg dans une multitude de matériaux diélectriques, notamment dans les verres de silice, les verres chalcogénures et les verres fluorés, sans nécessiter ni la présence de germanium, ni la photosensibilisation à l'hydrogène ou au deutérium. De plus, la localisation du changement d'indice de réfraction résultante de l'interaction fortement nonlinéaire permet une inscription efficace à travers le revêtement des fibres optiques, ce qui simplifie grandement le procédé d'inscription en plus de maintenir l'intégrité mécanique de la fibre. Plusieurs innovations démontrées récemment dans les domaines des lasers et des capteurs à fibre, basées sur la maîtrise de l'inscription de réseaux de Bragg femtosecondes, seront présentées et discutées.

## Production de paires électron/positron lors de la collision de deux faisceaux gamma produits avec des lasers intenses

X. Ribeyre<sup>1</sup>, E. d'Humières<sup>1</sup>, O. Jansen<sup>1</sup>, S. Jequier<sup>1</sup>, S. Hulin<sup>1</sup>, J. L. Dubois<sup>1</sup>, G. Boutoux<sup>1</sup>, V.T. Tikhonchuk<sup>1</sup>, L. Lancia<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Univ. Bordeaux-CNRS-CEA, Centre Lasers Intenses et Applications, UMR 5107 Talence 33405, France

<sup>2</sup> LULL, Sorbone Université, Univ. Pierre et Marie Curie, Ecole Polytechnique - CNRS - CEA, 75005 Paris, France

\* [ribeyre@u-bordeaux.fr](mailto:ribeyre@u-bordeaux.fr)

Direct production of electron-positron pairs in photon collisions is one of the basic processes in the Universe. The electron-positron production  $\gamma + \gamma \rightarrow e^+ + e^-$  (linear Breit-Wheeler process) is the lowest threshold process in photon-photon interaction, controlling the energy release in Gamma Ray Bursts, Active Galactic Nuclei, black holes and other explosive phenomena [1]. It is also responsible for the TeV cutoff in the photon energy spectrum of extra-galactic sources. The linear Breit-Wheeler process has never been clearly observed in laboratory with important probability of matter creation [2]. Thank with MeV photon source new experimental set-up based on numerical simulation with QED effect is proposed to achieved more than  $10^4$  Breit-Wheeler pairs per shot.

Thanks to the recent progress in high-power laser sources, it will be possible to create compact sources of intense  $\gamma$  ray beams (few MeV) and to use them in new experiments allowing to observe and study the BW process in laboratory [3]. We provide details of the experimental setup, estimates from model and numerical simulations of the expected yield of reactions and possible ways of creation of a photon source with requested parameters. Moreover, based on the kinematics of two photon collisions we study the  $e^+ - e^-$  beam properties. In particular, we demonstrate a possibility for beaming of  $e^+ - e^-$  pairs in one particular direction, which may strongly facilitate the observation of the BW process [4]. The kinematic analysis of the  $e^+, e^-$  pair creation in the collision of two photons the effect of pair beaming is predicted. It depends on the angle between photon beams and the energy of each beam. We show that the numerical simulations with the photon collision code TriLens [5] are in good agreement with the analytical model. This pair beaming effect will be helpful to find the conditions to optimize the pair detection in the experiments. With higher photon beam energies ( $>100$  MeV) the beaming effect can be observed also for muon-pairs creation.

[1] Ruffini, R. et al. Physics Reports, **487**, 1-140 (2010).

[2] Bamber C. et al. Phys. Rev. D, **60**, 092004 (1999).

[3] Ribeyre X. et al. Phys. Rev. E, **93** 013201 (2016).

[4] Ribeyre X. et al., PPCF **59**, 014024 (2017).

[5] Jansen O. et al., Submitted to JCP, arXiv:1608.01125 (2016).

## "Accélération de particules par laser intense et applications à l'analyse d'oeuvres d'art".

Patrizio Antici, INRS-ÉMT

Since more than a decade, intense research is being conducted on the topic of laser-accelerated particle sources and their applications<sup>i, ii</sup>. Laser-generated protons, as obtained by interaction of a high-intensity ( $I > 10^{18}$  W/cm<sup>2</sup>) short pulse (pulse length < 1 ps) laser with a target, exhibit many features that are potentially superior to present conventional radio-frequency accelerators, in particular for their compactness, the short bunch duration, the high particle flux and the interesting energy range at the source. Among the numerous applications for which laser-accelerated proton beams offer unique prospects are their use in high energy density matter<sup>iii</sup>, lab astrophysics<sup>iv</sup>, ultra-fast radiography<sup>v</sup>, novel fusion schemes<sup>vi</sup>, medical applications<sup>vii, viii, ix</sup>, novel neutron sources<sup>x</sup>, and using them as injectors for larger accelerators<sup>xi, xii</sup>. However, up to current, applications in the field of material science are still in an embryonic state, despite a strong claim to do so<sup>xiii</sup>.

I will present a few applications in the field of material science, where laser driven protons show a very promising potential to solve some bottlenecks found by conventional technologies. These applications span from Cultural Heritage, to stress-testing of materials and production of nano-materials.

<sup>i</sup> H. Daido, M. Nishiuchi and A. S. Pirozhkov, *Rep. Prog. Phys.* **75**, 056401 (2012)

<sup>ii</sup> E. L. Clark, K. Krushelnick, M. Zepf, F. N. Beg, M. Tatarakis, A. Machacek, M. I. K. Santala, I. Watts, P. A. Norreys, and A. E. Dangor, *Phys. Rev. Lett.* **84**, 670 (2000)

<sup>iii</sup> P. K. Patel, A. J. Mackinnon, M. H. Key, T. E. Cowan, M. E. Ford, M. Allen, D. F. Price, H. Ruhl, P. T. Springer, and R. Stephens, *Phys. Rev. Lett.* **91**, 125004 (2003)

<sup>iv</sup> B. Albertazzi, A. Ciardi, M. Nakatsutsumi, T. Vinci, J. Beard, R. Bonito, J. Billette, M. Borghesi, Z. Burkley, S. N. Chen, T. E. Cowan, T. Herrmannsdörfer, D. P. Higginson, F. Kroll, S. A. Pikuz, K. Naughton, L. Romagnani, C. Riconda, G. Revet, R. Riquier, H.-P. Schlenvoigt, I. Yu. Skobelev, A. Ya. Faenov, A. Solovjev, M. Huarte-Espinosa, A. Frank, O. Portugall, H. Pépin, J. Fuchs, *Science* **346**, 325 (2014)

<sup>v</sup> L. Romagnani, J. Fuchs, M. Borghesi, P. Antici, P. Audebert, F. Ceccherini, T. Cowan, T. Grismayer, S. Kar, A. Macchi, P. Mora, G. Pretzler, A. Schiavi, T. Toncian, and O. Willi, *Phys. Rev. Lett.* **95**, 195001 (2005)

<sup>vi</sup> M. Roth, T. E. Cowan, M. H. Key, S. P. Hatchett, C. Brown, W. Fountain, J. Johnson, D. M. Pennington, R. A. Snavely, S. C. Wilks, K. Yasuike, H. Ruhl, F. Pegoraro, S. V. Bulanov, E. M. Campbell, M. D. Perry, and H. Powell, *Phys. Rev. Lett.* **86**, 436 (2001)

<sup>vii</sup> A. Yogo, T. Maeda, T. Hori, H. Sakaki, K. Ogura, M. Nishiuchi, A. Sagisaka, H. Kiriya, H. Okada, S. Kanazawa, T. Shimomura, Y. Nakai, M. Tanoue, F. Sasao, P. R. Bolton, M. Murakami, T. Nomura, S. Kawanishi, and K. Kondo, *Appl. Phys. Lett.* **98**, 053701 (2011)

<sup>viii</sup> J. Metzkes, T. E. Cowan, L. Karsch, S. D. Kraft, J. Pawelke, C. Richter, T. Richter, K. Zeil, U. Schramm, *Nucl. Instr. and Meth. A* **653**, 172 (2011)

<sup>ix</sup> D. Doria, K. F. Kakolee, S. Kar, S. K. Litt, F. Fiorini, H. Ahmed, S. Green, J. C. G. Jeynes, J. Kavanagh, D. Kirby, K. J. Kirkby, C. L. Lewis, M. J. Merchant, G. Nersisyan, R. Prasad, K. M. Prise, G. Schettino, M. Zepf, and M. Borghesi, *AIP Advances* **2**, 011209 (2012)

<sup>x</sup> M. Roth, D. Jung, K. Falk, N. Guler, O. Deppert, M. Devlin, A. Favalli, J. Fernandez, D. Gautier, M. Geissel, R. Haight, C. E. Hamilton, B. M. Hegelich, R. P. Johnson, F. Merrill, G. Schaumann, K. Schoenberg, M. Schollmeier, T. Shimada, T. Taddeucci, J. L. Tybo, F. Wagner, S. A. Wender, C. H. Wilde, and G. A. Wurden, *Phys. Rev. Lett.* **110**, 044802 (2013)

<sup>xi</sup> P. Antici, M. Fazi, A. Lombardi, M. Migliorati, L. Palumbo, P. Audebert, and J. Fuchs, *Jour. Appl. Phys.* **104**, 124901 (2008)

<sup>xii</sup> P. Antici, M. Migliorati, A. Mostacci, L. Picardi, L. Palumbo, C. Ronsivalle, *Phys. Plasmas* **18**, 073103 (2011)

<sup>xiii</sup> Editorial Nature Materials **15**, 1 (2016)



## High Harmonic Generation and XUV Free Induction Decay From Electronic Wavepackets

Samuel Beaulieu <sup>a,b</sup>, Seth Camp <sup>d</sup>, Étienne Bloch <sup>a</sup>, Lou Barreau <sup>d</sup>, Antoine Comby <sup>a</sup>, Romain Généaux <sup>c</sup>, Stéphane Petit <sup>a</sup>, Dominique Descamps <sup>a</sup>, François Légaré <sup>b</sup>, Mette Gaarde <sup>d</sup>, Kenneth Schafer <sup>d</sup>, Yann Mairesse <sup>a</sup>

<sup>a</sup> *CELIA, Université de Bordeaux, 351 Cours de la Libération, 33400 Talence France*

<sup>b</sup> *INRS-EMT, 1650 Boulevard Lionel-Boulet, J3X 1P7, Varennes, Québec, Canada*

<sup>c</sup> *Lidyl, CEA Saclay, 91191 Gif-Sur-Yvette Cedex, France*

<sup>d</sup> *Department of Physics and Astronomy, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana 70803-4001, USA*

E-mail: [beaulieus@emt.inrs.ca](mailto:beaulieus@emt.inrs.ca) ; [yann.mairesse@celia.u-bordeaux.fr](mailto:yann.mairesse@celia.u-bordeaux.fr)

In High-order Harmonic Generation (HHG), the electron that tunnel ionize from a given electronic state generally photorecombine onto the same state. We have demonstrated that during a few-cycle laser pulse, several Rydberg states can be populated and open a new channels for HHG : the tunnel ionization from excited states and photorecombination onto the ground state. Using the attosecond lighthouse technique to spectro-temporally map the emission, we showed that the high-harmonic emission from Rydberg states is temporally delayed by few-femtosecond compared to the usual non-resonant HHG [1].

Moreover, when the laser pulse is over, the coherence between the ground state and the Rydberg states created during the laser pulse leads to narrowband XUV emission at the Rydberg states field-free energies, due to Free Induction Decay (FID). Using a time-delayed IR pulse, this FID emission is probed and controlled, both in amplitude and phase. We directly measure the laser-induced phase on the FID emission by using a simple heterodyne detection scheme based on two-source interferometry [2]. This technique provides rich information about the interplay between the laser field and the Coulombic potential on the excited electron dynamics.

[1] S. Beaulieu *et al.*, Phys. Rev. Lett. 117, 203001 (2016)

[2] S. Beaulieu *et al.*, arXiv: 1701.06352v1 [physics.atom-ph] (2017)

### **High-order harmonics from laser-ablated solids**

Tsuneyuki Ozaki, INRS

Dans cet exposé, je décrirai notre recherche sur la génération d'harmoniques d'ordre élevé du panache d'ablation laser de cibles solides. Nous avons démontré que de telles harmoniques sont fortement efficaces et que dans des conditions expérimentales spécifiques, qu'il pourrait y avoir l'augmentation drastique dans l'intensité d'un harmonique spécifique. Pour expliquer ce dernier phénomène, nous avons proposé le modèle à quatre étapes, qui inclut la diffusion d'électrons dans le continuum à un état auto-ionisant, suivi par la transition radiative à l'état fondamental. Nous montrons expérimentalement et théoriquement qu'il y a aussi la génération d'harmoniques d'ordre élevé des états auto-ionisant habillé, qui fournit la preuve concrète de notre hypothèse.

# Photonique spin-orbite à base de défauts topologiques de cristaux liquides

Etienne Brasselet

*Université Bordeaux, CNRS, LOMA, UMR 5798, F-33400 Talence, France*

Une propriété générale en physique ondulatoire est l'existence des singularités de phase. En optique, un faisceau portant une singularité de phase est couramment appelé un vortex optique. Les vortex optiques sont devenus populaires il y a une vingtaine d'années suite à l'identification du fait qu'un vortex optique porte un moment angulaire orbital. En dépit de leur histoire récente, les vortex optiques ont déjà commencé à révolutionner notre façon d'appivoiser la lumière et des applications ont déjà vu le jour alors que l'émergence de nouvelles applications nécessite le développement de nouveaux outils pour produire, contrôler, détecter et stocker le moment angulaire orbital de la lumière à petite échelle spatiale. Parallèlement aux technologies de micro/nanofabrication qui sont déployées dans cet objectif, nous proposons une approche d'auto-ingénierie, où la matière se structure elle-même afin de réaliser des éléments optiques permettant la mise en forme topologique contrôlée de la lumière. Cette approche repose sur l'utilisation de défauts topologiques de cristaux liquides, qui permettent de coupler l'état de polarisation de la lumière (moment angulaire de spin) à ses degrés de libertés d'espace (moment angulaire orbital), on parle d'interaction spin-orbite optique. Nous présenterons quelques récents développements obtenus dans cette direction.

## **Photon fluids and topological effects in laser-structured materials**

**Matthieu Bellec**

Laboratoire de Physique de la Matière Université de Nice-Sophia Antipolis, Nice, France

Manipulating the flow of light with unusual features has been enabled, during the last decades, by considering optical transport in structured photonic media. During this talk, I will first present recent results on the experimental study of the dissipative/superfluid transition in a flowing fluid of light. Using a biased photorefractive nonlinear crystal, our approach is to study the light flow around photo-induced optical obstacles, from single defect to complex arbitrary arrangements.

In a second part, I will show recent experiments on the light propagation in a 1D Floquet photonic topological insulators composed of laser-written periodically modulated coupled waveguides arrays in fused silica. The connection between non-diffracting modes and topological properties of the photonic structures will be presented.

**30 MARS 2017**

---

**Relation structure/propriétés dans les verres  $\text{TeO}_2\text{-TaO}_{5/2}\text{-ZnO}$ :  
Approche multimodale par spectroscopies IR, Raman et hyper-  
Raman/hyper-Rayleigh**

Vincent Rodriguez

Université de Bordeaux, Institut des Sciences Moléculaires, CNRS UMR 5255,  
351 cours de la Libération, 33405 Talence Cedex, FRANCE.

[vincent.rodriquez@u-bordeaux.fr](mailto:vincent.rodriquez@u-bordeaux.fr)

Une nouvelle approche multimodale qui combine spectroscopies vibrationnelles linéaires et non linéaires et hyper Rayleigh a été appliquée dans le système de verre  $\text{TeO}_2\text{-TaO}_{5/2}\text{-ZnO}$  pour évaluer et quantifier la relation entre le gain Raman et les réponses optiques dans le réseau vitreux [1]. Le niveau de polymérisation de la structure en chaîne  $\text{TeO}_4$  dans un réseau vitreux  $\text{TeO}_2$  a été identifié comme étant le principal paramètre à l'origine des fortes réponses optiques linéaires et non linéarités. Nous avons observé que le remplacement de  $\text{TaO}_{5/2}$  par  $\text{ZnO}$  modifie fortement les propriétés optiques et en premier lieu, les spectres Raman et hyper-Raman des verres. En particulier, nous démontrons clairement une relation linéaire entre le gain Raman, la réponse optique linéaire et du second ordre du verre avec la densité d'unités  $\text{TeO}_4$  de type chaîne. En supposant que les chaînes  $\text{TeO}_4$  contribuent de manière significative à la polarisabilité des verres, nous avons conclu que 30% des atomes de Te contribuent à l'hyperpolarisabilité du système binaire  $80\text{TeO}_2\text{-}20\text{ZnO}$ . Ce résultat quantitatif est en très bon accord avec des résultats issus d'une étude structurale par diffraction de neutrons.

[1] V. Rodriguez, G. Guery, M. Dussauze, F. Adamietz, T. Cardinal, K. Richardson, J. Phys. Chem. C 2016, 120, 23144-23151.

## Single (nano)particle tracking and localization microscopy for the investigation of nanoscale organizations in live brain tissues

*Laurent Cognet*

- Institut d'Optique, CNRS - Univ. Bordeaux, F-33400 Talence, France

E-mail: Laurent.cognet@u-bordeaux.fr

Single molecule microscopy allows nanometer localization of the detected emitters and subtle probing of their spatio-temporal nano-environment including in living cells and tissues. I will present several single molecule strategies using different types of nano-emitters to probe complex and confined bio-environments.

These include the development of a new probe delivery method in the live animal to perform the first single quantum dot tracking in acute brain slices [1] and an original strategy based on phase imaging aiming at performing 3D single particle tracking and 3D super-resolution microscopy in thick environments [2].

For deep tissue imaging, single walled carbon nanotubes, which bear optical resonances in the near infrared and nanoscale dimensions, are particularly promising. I will show that, long trajectories (>10 min) of nanotubes diffusing in the brain extracellular space can be recorded at the single nanotube level. Analysis their movements provides super-resolved maps of tissue structuration which can be modulated upon biochemical digestion of the brain extracellular matrix in live animals [3].

### References:

[1] Varela *et al*, 2016 *Nat. Comm.* 7 10947

[2] to be submitted

[3] A. G. Godin, *et al* 2016 *Nat. Nanotechnol.* advanced publication

## polycrystalline ceramics and nanostructured glass-ceramics

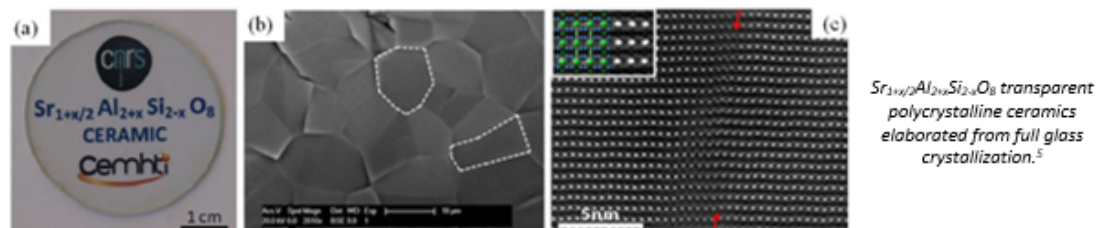
**Mathieu Allix**<sup>1</sup>, Cécile Genevois<sup>1</sup>, Emmanuel Véron<sup>1</sup>, Franck Fayon<sup>1</sup>, Sébastien Chenu<sup>1</sup>, Marina Boyer<sup>1</sup>, and Guy Matzen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CEMHTI, Orléans, France. ([mathieu.allix@cnrs-orleans.fr](mailto:mathieu.allix@cnrs-orleans.fr))

Crystallization from glass can be a powerful process to elaborate innovating transparent materials for optical and photonic applications if nucleation and crystal growth steps can be precisely controlled. This talk will focus on two main applications: transparent polycrystalline ceramics elaborated by full and congruent crystallization from glass and nanostructured glass-ceramics designed from nanoscale phase separated glasses.

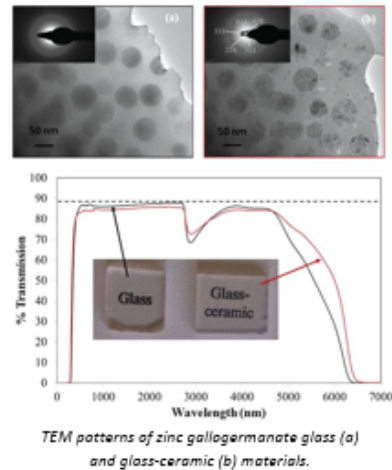
### Transparent polycrystalline ceramics elaborated by full crystallization from glass

Transparent ceramics are an emerging class of optical materials competing with single crystal technology for a broad range of applications. Ceramics offer several advantages, particularly in the fabrication of complex shapes and large-scale industrial production, and enable great and homogenous doping of optically active ions. However, up to date, only a limited number of cubic or nanocrystalline transparent polycrystalline ceramics requiring complex and expensive synthetic approaches has been reported. Our recent work shows the possibility to obtain new transparent ceramics by full and congruent crystallization from glass. This is demonstrated in the case of several new compositions, such as  $\text{BaAl}_4\text{O}_7$ ,  $\text{Sr}_3\text{Al}_2\text{O}_6$  and  $\text{Sr}_3\text{Ga}_2\text{O}_6$ , all showing high transparency in the visible and infra-red ranges. Lately, we have focused our work on large scale and highly transparent strontium aluminosilicate compositions. A crystallographic study coupled to NMR experiments and DFT calculations of the birefringence evidences the role of structural disorder (Al/Si substitution and presence of vacancies on strontium sites) to explain the optical isotropy observed in these hexagonal materials. These results propose an innovative concept, the addition of a controlled structural disorder within crystalline structures, in order to lower the birefringence and to elaborate new transparent ceramics.



### Transparent nanostructured glass and glass-ceramics

New nanostructured gallogermanate- and gallosilicate-based glass materials exhibiting high transparency in the visible range have been fabricated by conventional melt-quenching. These materials can accommodate wide oxide compositions and present nanoscale phase separation. The size of the nanostructuring can be tailored depending on the nominal composition. A single heat treatment then allows selective crystallization of the phase separated glass, resulting in glass-ceramic materials exhibiting nanostructures and transparency similar to the parent glass [8, 9]. The wide possibilities of designing new nanostructured glass-ceramics with tunable optical properties will be illustrated in the case of a highly transparent  $\text{ZnGa}_2\text{O}_4$  glass-ceramic exhibiting 50 wt% of nanocrystals with homogeneous and tunable sizes. High resolution scanning transmission electron microscopy analysis coupled with in situ high temperature X-ray diffraction and optical measurements led to a detailed description of the crystallization process. Remarkably, red long-lasting luminescence arising from the entire sample volume is observed in this  $\text{Cr}^{3+}$  doped material, opening the route to a wider range of performing applications for this famous zinc gallate persistent phosphor [10, 11].



1. M. Allix et al., *Advanced Materials*, 24 5570-5575 (2012).
2. International patent deposited 1/12/2011, published 6/6/2013.
3. G. Patton et al., *PCCP*, 16 24824 (2014).
4. M. Boyer et al., *J. Mater. Chem. C*, 4 3238-3247 (2016).
5. S. Alabraché et al., *Chemistry of Materials*, 25 4017-4024 (2013).
6. M. Boyer et al., *Cryst. Growth Des.*, 16 386-395 (2016).
7. K. Al-Saghir et al., *Chemistry of Materials*, 27 508-514 (2015).
8. International patent deposited 28/02/2014, published 4/9/2014.
9. S. Chenu et al., *Advanced Optical Materials*, 2 364 (2014).
10. S. Chenu et al., *J. Mater. Chem. C*, 2 10002-10010 (2014).
11. M. Allix et al., *Chemistry of Materials*, 25 1600-1606 (2013).

## **Optique non-linéaire dans l'espace des fréquences et applications**

François Légaré, INRS-ÉMT

Au cours des dernières années, mon équipe de recherche a capitalisé sur les performances du laboratoire Advanced Laser Light Source (ALLS) pour développer et appliquer des sources lasers intenses dans la gamme spectrale infrarouge, permettant des durées aussi courtes que deux cycles optiques à 1.8 micron. Par ailleurs, nous avons développé le concept de "Frequency domain Optical Parametric Amplification (FOPA)" afin d'augmenter la puissance pic des impulsions infrarouges. À l'heure actuelle, nous avons 2.5 TW de puissance pic à 1.8 micron et il sera montré que ceci peut être augmenté à la dizaine de TW. Par ailleurs, je discuterai de la possibilité d'augmenter la cadence de cette source de 10 Hz aujourd'hui à quelques centaines de Hz à l'horizon 2020. Ceci permet de rêver à des sources secondaires uniques incluant du rayonnement X attoseconde jusqu'à des énergies de photon du keV. Par ailleurs, je montrerai comment l'optique non-linéaire dans l'espace des fréquences nous permet d'envisager de nouvelles technologies lasers ainsi que leurs applications.



## Direct Laser Writing of new type of waveguides in silver containing glasses

Alain Abou Khalil <sup>1,2</sup>, Jean-Philippe Bérubé <sup>2</sup>, Sylvain Danto <sup>3</sup>, Jean-Charles Desmoulin <sup>3</sup>,  
Thierry Cardinal <sup>3</sup>, Yannick Petit <sup>1,3</sup>, Lionel Canioni <sup>1</sup> & Réal Vallée <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Center for Intense laser and Applications (CELIA), University of Bordeaux, Talence, France

<sup>2</sup> Center for Optics, Photonics and Lasers (COPL), Laval University, Quebec, Canada

<sup>3</sup> Institute of Chemistry of the Condensed Matter of Bordeaux (ICMCB), University of Bordeaux, Pessac, France

Direct laser writing in glasses is a growing field of research and development in photonics, since it provides a versatile, robust and efficient approach to directly address 3D material structuring. Laser-glass interaction process has been studied for many years, especially the local changes of the refractive index that have been classified by three distinct types (*types I, II and III*, respectively). Generally, for direct inscription of photonic components such as waveguides [1], couplers, etc., *type I* modification is widely used due to the smooth refractive index change ( $\Delta n$ ) associated to this type.

Direct laser writing in a silver containing zinc phosphate glasses induces the creation of fluorescent silver clusters distributed around the laser-glass interaction voxel [2]. In this paper, we introduce a novel type of refractive index change ( $\Delta n$ ) in silver containing glasses, that totally differs from *type I* modification, we call it *type A*. It is based on the creation of the photo-induced silver clusters allowing a local change in the refractive index  $\Delta n$  up to  $8 \times 10^{-3}$ , which is sufficient for the creation of new type of waveguides and photonics devices. The waveguiding process in our bulk glasses and ribbon-shaped fibers along these structures with original geometry is demonstrated for wavelengths from visible to NIR [3]. Waveguiding aspects are presented such as the waveguides morphology, the refractive index change ( $\Delta n$ ), the near field mode profile, the estimation of propagation losses and a comparison with simulation results. Our results pave the way towards applications such as photonic integrated circuits and fiber sensors with original fluorescent, nonlinear optical and plasmonic properties.

1. K. M. Davis, K. Miura, N. Sugimoto, and K. Hirao, *Opt. Lett.* **21**, 1729-1731 (1996).
2. M. Bellec, A. Royon, K. Bourhis, J. Choi, B. Bousquet, M. Treguer, T. Cardinal, J.-J. Videau, M. Richardson, and L. Canioni, *The Journal of Physical Chemistry C* **114**, 15584-15588 (2010).
3. S. Danto, F. Désévéday, Y. Petit, J.-C. Desmoulin, A. Abou Khalil, C. Strutynski, M. Dussauze, F. Smektala, T. Cardinal, and L. Canioni, *Advanced Optical Materials* **4**, 162-168 (2016).

31 MARS 2017

---

**Fibre-optics probes for *in vivo* optogenetics; from single cells to hard-to-get-to areas of the nervous system**

Yves de Koninck

*Centre de recherche de l'Institut universitaire en santé mentale de Québec, University Laval*

## **Sources et applications en champ fort dans l'infrarouge moyen**

**Eric Cormier**

Center Lasers Intenses et Applications (CELIA), University of Bordeaux, Talence, France

L'interaction en champ fort permet d'étudier le comportement de la matière lorsqu'il est exposé à un rayonnement extrême afin d'en extraire des propriétés souvent inattendues. Cependant, les sources lasers intenses actuelles émettent essentiellement dans l'infrarouge proche. Nous avons débuté il y a quelques années des études visant à développer des sources lasers intenses émettant à des longueurs d'onde entre 2 et 10  $\mu\text{m}$  afin de bénéficier des lois d'échelle en  $I \cdot \lambda^2$  de nombreux processus physiques. Je présenterai les sources en cours de développement basées sur les matériaux solides, les fibrées ainsi que les processus non-linéaires. Enfin je présenterai les applications de ces sources.

## Intermediate- $T_g$ Phosphate and Tellurite Glasses For Multi-materials Fiber Devices

Sylvain Danto<sup>1</sup>, Clément Strutynski<sup>1,2</sup>, Frédéric Désévéday<sup>2</sup>, Yannick Petit<sup>1</sup>, Jean-Charles Desmoulin<sup>1</sup>, Alain Abou Khalil<sup>3</sup>, Marc Dussauze<sup>4</sup>, Jean-Charles Jules<sup>2</sup>, Grégory Gadret<sup>2</sup>, Frédéric Smektala<sup>2</sup>, Lionel Canioni<sup>3</sup>, Thierry Cardinal<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Chemistry of the Condensed Matter of Bordeaux (ICMCB)  
University of Bordeaux, 33608 Pessac, France*

<sup>2</sup> *Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne, UMR 6303 CNR,  
University of Bourgogne Franche-Comté, 21078 Dijon, France*

<sup>3</sup> *Center for Intense Lasers and Applications (CELIA)  
University of Bordeaux, 33405 Talence, France*

<sup>4</sup> *Institute of Molecular Science, University of Bordeaux, 33405 Talence – France*

Contact [sylvain.danto@u-bordeaux.fr](mailto:sylvain.danto@u-bordeaux.fr)

Research on multimaterial multifunctional fibers flourished in the recent years, proposing an ever growing set of materials suitable for co-drawing as well as of fiber functionalities. So far however advances relied mostly (i) on high- $T_g$  silica-based materials ( $T_g > 1000$  °C) due to the technological interest of silica, and (ii) on low- $T_g$  chalcogenide glasses ( $T_g < 250$  °C) that were deployed for integration in multimaterial glass/polymer/metal fibers.

Here we explore the feasibility of fabricating multimaterial fibers using glasses with intermediate glass transition temperatures. The presentation focuses on phosphate glasses ( $T_g$  -350-450°C) and on tellurite glasses ( $T_g$  -250-300°C). Firstly, we explore phosphate-based hybrid fibers (fibers with the active function being embedded within the glass matrix). We report on the drawing of photosensitive, photo-writable Ag-containing glass ribbon fibers. We demonstrate that luminescence properties of the native glass are preserved after shaping. Furthermore, we establish that the unique fiber's flat geometry allows for the direct, accurate Laser writing of complex luminescent silver clusters patterns and functionalities within the glass matrix.

Alternatively, we explore tellurite-based composite fibers (fibers made from a stack of materials with disparate electrical/optical/thermal properties). Here, bringing together the merits of these materials with fiber optic technology, we report on the first tellurite-based core-clad dual-electrodes composite fiber made by direct, homothetic preform-to-fiber thermal co-drawing. The rheological and optical properties of the selected glasses allow both to regulate the metallic melting flow and to manage the refractive index core/clad waveguide profile. We demonstrate the electrical continuity of the electrodes over meters of fiber. We believe the drawing of architectures merging electrical and optical features in a unique elongated waveguiding structure will enable to develop new in-fiber functionalities based on hybrid electric/optic nonlinear effects.

Great challenges lie ahead when it comes to mastering the implementation of intermediate- $T_g$  oxide glasses within multimaterial fibers, but great opportunities lie ahead too, as it would give access to a whole new range of materials properties, and hence of functionalities, in linear/nonlinear optics, photonics, electro-optics or sensing.

## Down-shifting and Up-conversion to enhance the efficiency of solar cells

S.J.L. Ribeiro<sup>1,4</sup>, E. Pecoraro<sup>1</sup>, T.C. Silva<sup>1</sup>, G. Galleani<sup>1</sup>, D. Manzani<sup>1</sup>, S.F.H. Correia<sup>2</sup>, P. P. Lima<sup>2</sup>, P.S. André<sup>2</sup>, R.A.S. Ferreira<sup>2</sup>, L.D. Carlos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Chemistry- São Paulo State University (UNESP), CP 355 Araraquara-SP, 14801-970 Brazil*

<sup>2</sup>*Dept. of Physics and CICECO- Aveiro Institute of Materials, University of Aveiro, 3810-193 Aveiro, Portugal*

<sup>3</sup>*Dept. of Electric and Computer Engineering and Instituto de Telecomunicações, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, 1049-001 Lisbon, Portugal*  
*sidney@iq.unesp.br*

Increasingly interest is observed in the utilization of lanthanide based materials in solar energy conversion. Concerning Si cells a good part of the UV-VIS and of the IR solar spectrum is lost either as heat in the case of the UV-VIS or simply not absorbed in the case of IR [1]. Two approaches will be addressed in this presentation: i) Fluoride Glasses in energy upconversion and ii) Plastic Optical Fibers (POFs) for downshifting in Luminescent Solar Concentrators (LSCs). i) Fluorindate glasses are well known as good hosts for optically active lanthanide ions due to their relatively low phonon energies. The consequently low non-radiative rates observed for lanthanide excited states allow several different energy transfer processes involved in down-conversion down-shifting and up-conversion schemes which can be very efficient in these glass hosts.. We have been studying lanthanide ions containing fluorindate glasses aiming the possible enhancement of efficiency in energy conversion of Si photocells [2]. Er<sup>3+</sup>-Yb<sup>3+</sup> ions are considered in up-conversion where IR light ( $\approx 1.5\mu\text{m}$ ) is converted in visible light and of around 1000 nm. ii) Plastic optical fibers and hollow tubes have been considered as LSC. The active layers used to coat the bulk fibers or fill the hollow-core ones are Rhodamine 6G- or Eu<sup>3+</sup> doped organic-inorganic hybrids. Bulk-coated LSC's presented maximum conversion efficiency ( $\eta_{\text{opt}}$ ) and concentration factor (F) of 0.6% and 6.5 respectively. Concerning hollow-core LSCs the optimized device displays  $\eta_{\text{opt}}=72.4\%$  and  $F= 12.3$  [3].

### References

- [1] S.F.H. Correia, V. Zéa-Bermudez, S.J.L.Ribeiro, P.S.André, R.A.S. Ferreira, L.D. Carlos, J. Mater. Chem.A, 2014, 2, 5587
- [2] L.J. Borrero-González, G. Galleani, D. Manzani, L.A.O.Nunes, S.J.L.Ribeiro, Opt.Mater. 35(2013)2085-2089.
- [3] S.F.H. Correia, P.P. Lima, E. Pecoraro, S.J.L. Ribeiro, P.S. Andre, R.A.S. Ferreira, L.D. Carlos, Prog. Photovolt. Res. Appl. (2016) DOI: 10.1002/pip.2772

### Acknowledgments

Brazilian Agencies FAPESP, CAPES and CNPq are acknowledged for financial support.

## **NEAR-INFRARED EXCITED RARE EARTH DOPED NANOPARTICLES**

Fiorenzo Vetrone

Institut National de la Recherche Scientifique, Centre Énergie, Matériaux et  
Télécommunications, Université du Québec, 1650 Boul. Lionel-Boulet, Varennes, QC,  
Canada (J3X 1S2)

Email: [vetrone@emt.inrs.ca](mailto:vetrone@emt.inrs.ca)

In recent years, rare earth doped nanoparticles have been proposed for a number of exciting applications in a wide-range of fields including nanomedicine, nanoelectronics, biosensing, bioimaging, nanothermometry, and recently, energy and environment. This is due, primarily, to the versatility of their optical properties stemming from the plethora of  $4f$  electronic energy states, with energies spanning the near-infrared (NIR) to UV regions. As a result, it is possible to excite these nanoparticles with near-infrared light with resulting anti-Stokes emission from the UV to the NIR (through an multiphoton upconversion process) as well as Stokes emission in the NIR region. Here, we present the synthesis and spectroscopic characterization of these nanoparticles as well as their implementation in multi-modal nanoplatforms.

## Vers de nouvelles céramiques optiques pour émission dans le moyen infrarouge.

Véronique Jubera, Ka-Young Kim, U-Chan Chung, Amélie Veillere, Jean-Marc Heintz

Les matériaux émetteurs et les lasers solides sont largement employés dans le domaine de l'optique et des sciences des matériaux en tant que sources d'excitation, pour des mesures expérimentales, des applications médicales, de la mise en forme ou de la découpe de métaux...Récemment des valeurs d'efficacité laser prometteuses ont été obtenues à partir de céramiques transparentes qui résultent de procédés de mises en forme plus rapides et moins coûteux de matériaux à l'état cristallisé [1-4].

La matrice  $Y_3NbO_7$  est attractive ne raison de sa symétrie de maille cubique mais aussi du fait de sa capacité à intégrer des ions terres rares trivalents sans compensation de charge. Elle tolère de plus des lacunes d'oxygène dans un domaine de composition allant de 21 à 28% de niobium (taux  $Nb/(Nb+Y)$ ) [5].

Les voies de synthèse de cette phase ont été optimisées pour obtenir une phase pure présentant des grains homogènes en taille et de morphologie sphérique. Les paramètres SPS tels que la montée en température, la température et la durée de frittage ainsi que la pression ont été ajustés pour favoriser la densification des pastilles.

La spectroscopie de luminescence des ions europium trivalents a été employée pour optimiser les paramètres étudiés. Les émissions enregistrées couplées à la diffraction des rayons X et à la microscopie électronique en transmission ont souligné l'existence de plusieurs environnements distordus autour des ions dopants, dans le réseau de type fluorine lacunaire, donnant lieu à des émissions larges comparables à celles observables dans un matériau amorphe [6]. Les émissions infrarouges d'ions  $Ho^{3+}$  sont illustrées ci-dessous (figure 1) pour une pastille densifiée à plus de 99%.

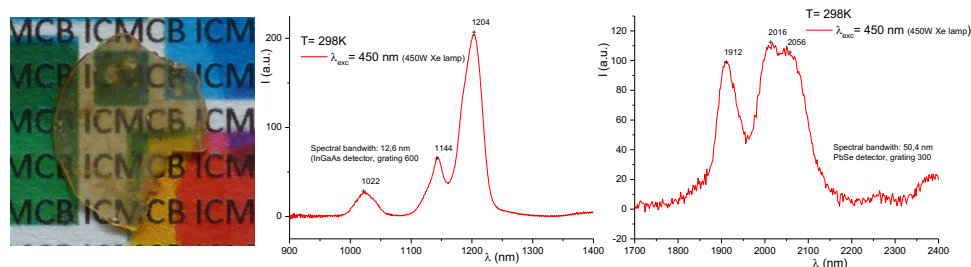


Figure 1- Spectre d'émission d'une pastille de  $Y_3NbO_7 : Ho^{3+}$  (5% mol)

Mots clés :  $Y_3NbO_7$ , SPS, luminescence

### Références

1. J. Lu, K-I Ueda, H. Yagi, T. Yanagitani, Y. Akiyama, A. Alexander. Kaminskii, (2002), J. Alloys Compd. 341, 220-225
2. C. Li, W. Liu, H. Gao, B. Jiang, Y. Wang, H. Kou, Y. Shen, Y. Pan, Y. Bo, Q. Peng, (2011), Appl. Phys. B: Lasers Opt. 104 (3), 625-631
3. X.J. Cheng, J.Q. Xu, M.J. Wang, B.X. Jiang, W. X. Zhang, Y.B. Pan, (2010), Laser Phys. Lett. 7, 351-354
4. H. Yang, L. Zhang, D. Luo, X. Qiao, J. Zhang, T. Zhao, D. Shen, D. Tang, (2014), Opt. Mater. Express 215076 5 (1), 142-148
5. M. Kakihana, J. Sol-Gel Sci. Tech., 6 (1), (1996) 7-55
6. K-Y.Kim, A.Durand, J-M.Heintz, A.Veillere, V.Jubera, J Solid State Chem., 235 (2016) 169-174

## Direct Laser Writing (DLW) and characterization of channel waveguides in cubic crystals

*Wendwesen Gebremichael<sup>1,2\*</sup>, Inka Manek-Hönninger<sup>1</sup>, Yannick Petit<sup>1,3</sup>, Guillaume Machinet<sup>2</sup>, Clemens Hönninger<sup>2</sup>, Lionel Canioni<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Université de Bordeaux, 351 Cours de la Libération, CELIA UMR 5107, 33405 Talence France.

<sup>2</sup>Amplitude Systèmes, 11 Avenue de Canteranne, Cité de la Photonique, Bâtiment SIRAH, 33600 Pessac, France.

<sup>3</sup> Université de Bordeaux, 87 Av. du Dr Schweitzer F, ICMCB UPR 9048, 33608 Pessac, France.

**Abstract:** Recent development in femtosecond DLW gives rise to realization of vast ranges of photonic devices which is a driving force behind industrial interest for rapid prototyping of optical components. Thus, it is necessary to have better understanding and approach for qualitative and quantitative characterizations in both waveguiding and luminescence properties of modified transparent materials.

Yttrium aluminium garnet (YAG) is a common crystal widely used as gain medium in solid state lasers. Owing to its crystallographic structure, optical specificities and restrictions of low-symmetry crystal optics are neglected which enables a more simplified systematic approach to study modifications due to femtosecond DLW inside crystals along the damaged tracks.

Despite well-known characterizations of track modifications using direct laser writing (DLW) inside crystals, we are investigating a way for both qualitative and quantitative approach to these changes by direct study of modifications in the vicinity of the damage of our samples.

In this poster, we will present our femtosecond laser modification approach to write double tracks in cubic samples and provide results on waveguiding and gain properties.



# High Power, Few Cycle OPA at 3 $\mu\text{m}$ for Solid State Physics in the Strong Field Regime

Giedre Marija Archipovaite, Stéphane Petit, Jean-Christophe Delagnes, Eric Cormier

Université Bordeaux-CNRS-CEA-UMR 5107, Centre Lasers Intenses et Applications, 351 Cours de la Libération, F-33405 Talence, France

Ultrashort pulse light sources in the short wave and mid infrared are in high demand for different applications such as shorter attosecond pulse generation, ultrafast spectroscopy, strong field physics and etc. [1]. According to the three step model [2], the energy cut off of generated high harmonics scales as  $I \cdot \lambda^2$ , which favors longer driving wavelengths in order to generate more energetic XUV photons, and potentially shorter attosecond, soft X-ray pulses [3]. Even though, there are a few laser gain medium suitable for intense femtosecond pulse generation in the mid – IR spectral region, but these sources are not yet sufficient to be used in strong field physics experiments. Therefore, the broadband signal usually is generated using parametric frequency conversion in nonlinear crystals.

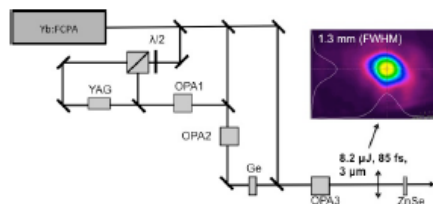


Fig.1. Experimental set up of 3  $\mu\text{m}$  OPA pumped by Yb:FCPA.

The OPA system is pumped by a home made Yb doped Fiber laser system, which delivers 290  $\mu\text{J}$ , 350 fs pulses with a 100 kHz repetition rate at 1030 nm. This three-stage OPA [4] delivers 8  $\mu\text{J}$ , 85 fs pulses (8 optical cycles) with the central wavelength of 3  $\mu\text{m}$ . Since the WLC and the DFG stages are pumped by a single pump laser intrinsic CEP stability was implemented.

The system aims at driving high order harmonic generation and other strong field experiments that require CEP stable, ultrashort intense pulses in the short wave-mid-IR spectral region. To start, spectral broadening together with harmonic generation is observed in ZnSe sample. The initial spectrum is broadened and covered the region from 2 to 4.3  $\mu\text{m}$  and up to 6<sup>th</sup> harmonic generation is observed.

## References

1. H. Pires, M. Baudisch, D. Sanchez, M. Hemmer, and J. Biegert, "Ultrashort pulse generation in the mid-IR," *Prog. Quantum Electron.* **43**, 1–30 (2015).
2. P. Corkum, "Plasma perspective on strong field multiphoton ionization.," *Phys. Rev. Lett.* **71**, 1994–1997 (1993).
3. M. Chen, C. Mancuso, C. Hernández-garcía, F. Dollar, and B. Galloway, "Generation of bright isolated attosecond soft X-ray pulses driven by multicycle midinfrared lasers," 2361–2367 (2014).
4. G. M. Archipovaite, S. Petit, J.-C. Delagnes, and E. Cormier, "100 kHz Yb-fiber laser pumped 3  $\mu\text{m}$  optical parametric amplifier for probing solid-state systems in the strong field regime," *Opt. Lett.* **42**, 1–4 (2017).

## Accélération d'ions par une impulsion laser intense dans les plasmas sous-denses

J. G. Moreau, E. d'Humières, R. Nuter, V. T. Tikhonchuk

<sup>1</sup> CELIA, Université de Bordeaux, CNRS, CEA – Talence 33405, France  
mél: [moreau@celia.u-bordeaux1.fr](mailto:moreau@celia.u-bordeaux1.fr)

La génération de faisceaux d'ions énergétiques suscite un intérêt croissant de part ses nombreuses applications potentielles [3]. De nombreuses études numériques et campagnes expérimentales ont été menées afin d'étudier l'interaction entre des faisceaux laser ultra-intenses et des cibles solides permettant la génération de faisceaux d'ions très énergétiques. L'accélération des ions dans les cibles de faible densité (gaz, mousses) suscite en revanche un intérêt plus récent [1, 5]. Elle offre un meilleur couplage entre l'onde laser et les électrons conduisant à un chauffage plus efficace des ions. Ces cibles permettraient également des taux de répétition plus importants et une diminution de la formation de débris pouvant endommager la chambre d'interaction.

Notre travail s'intéresse à ce régime d'interaction et vise à comprendre comment les électrons et les ions absorbent l'énergie laser dans les plasmas de faible densité. Ce régime se révèle très complexe puisqu'il fait intervenir différents processus non linéaires qui peuvent se coupler mutuellement. Les fonctions de distribution des particules ne sont alors plus maxwelliennes et l'interaction entre les particules et les champs électromagnétiques (EM) doit être traitée localement. Pour cette raison, des simulations numériques avec un code Particle-In-Cell (OCEAN [4]) sont réalisées.

Nous étudions l'interaction d'une courte impulsion laser intense (500 fs FWHM,  $\lambda = 1 \mu\text{m}$ ,  $I \approx 10^{18-19} \text{ W.cm}^{-2}$ ) polarisée linéairement ou circulairement avec un plasma homogène de  $150 \mu\text{m}$  sous-critique composé de protons et d'électrons. Les électrons obtiennent une énergie bien plus importante que l'énergie pondéromotrice et transmettent cette énergie aux ions. Ces derniers sont accélérés au niveau de chaque face du plasma et obtiennent de hautes énergies. Le plasma absorbe donc une grande partie de l'énergie laser. L'analyse des ondes électrostatiques et électromagnétiques à l'intérieur et à l'extérieur du plasma montre le développement d'une instabilité de type Raman malgré le fait que la densité initiale du plasma est deux à trois fois supérieure à la densité seuil  $n_s = 0.25 n_c$  de cette instabilité. Ces résultats sont en bon accord avec ceux obtenus par S. Guérin et al. [2] en régime relativiste.

Enfin, nous observons la formation de cavités de quelques microns au début de l'interaction. Ces cavités survivent pendant l'interaction, s'élargissent et piègent les champs électromagnétiques. L'amplitude des champs piégés est comparable à celle du champ laser (TV/m) et leur fréquence temporelle peut fortement diminuer avec le temps.

*Remerciements.* Ce travail a été mené dans le cadre du programme de recherche POPRA, créé par le conseil régional d'Aquitaine et le EFRD.

### Références

- [1] E d'Humières et al, Journal of Physics : Conference Series 244.4 (2010), p. 042023.
- [2] S. Guérin et al, Physics of Plasmas 2.7 (1995), p. 2807.
- [3] A. Macchi, M. Borghesi et M. Passoni, Rev. Mod. Phys. **85** (2 mai 2013), p. 751.
- [4] R. Nuter et V. Tikhonchuk, Phys. Rev. E **87** (4 avr. 2013), p. 043109
- [5] L. Willingale et al, Phys. Rev. Lett. **96** (24 juin 2006), p. 245002.

Jeudi, 16 mars 2017  
Montréal

Simon Vallières  
Étudiant au doctorat

## **Résumé pour le regroupement du LIA-LuMAQ**

**Titre :** Enhancement of Laser-Driven Proton Beam Using Nanostructured Targets

**Résumé :** Laser-driven particle acceleration has become a growing field of research, in particular for its numerous interesting applications. One of the most common proton acceleration mechanisms that are obtained on typical multi-hundred TW laser systems is based on the irradiation by the intense laser of thin solid metal foils, generating proton acceleration on its rear target surface. The efficiency of this acceleration scheme strongly depends on the type of target used. Hence, there is a need to increase the laser-to-particle energy transfer and several groups have addressed this problem using nanostructured targets.

In this work, we present nanostructured layer-targets that are able to increase the absorption of light compared to what can be achieved with a classical solid (non-nanostructured) target and are produced with a method that is much simpler and cheaper than conventional lithographic processes. Several layers of metal nanoparticles (Au, Ag) were deposited on solid targets (Au, Al) and allow for increased photon absorption. This ultimately permits to increase the laser- to-particle energy transfer, and thus to enhance the yield in proton production. Experimental results obtained on the JLF-TITAN laser at LLNL are presented, along with preliminary results of 2D PICLS simulations. An increase in total energy fluence is observed both in simulations and experiments.

# Tellurite-based glass/metal composite fibers for mid-infrared nonlinear applications

Clément Strutynski<sup>1,2</sup>, Sylvain Danto<sup>1</sup>, Frédéric Désévéday<sup>2</sup>, Arnaud Lemièrè<sup>2</sup>, Jean-Charles Jules<sup>2</sup>, Grégory Gadret<sup>2</sup>, Bertrand Kibler<sup>2</sup>, Thierry Cardinal<sup>1</sup>, Frédéric Smektala<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Chemistry of the Condensed Matter of Bordeaux (ICMCB)  
University of Bordeaux, 33608 Pessac, France*

<sup>2</sup> *Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne, UMR 6303 CNR,  
University of Bourgogne Franche-Comté, 21078 Dijon, France*

Contact [clement.strutynski@u-bordeaux.fr](mailto:clement.strutynski@u-bordeaux.fr)

In recent years, there has been a growing interest in the development of robust multimaterial multifunctional fibers with different photonic features for linear/nonlinear optics, sensing or electro-optics. So far, advances relied mostly on high- $T_g$  silica-based materials ( $T_g > 1000$  °C) due to the technological interest of silica, and on low- $T_g$  chalcogenide glasses ( $T_g < 250$  °C) that were deployed for integration in multimaterial glass/polymer/metal fibers.

Here, we explore the feasibility of fabricating multimaterial multifunctional tellurite fibers for nonlinear applications, with a focus on supercontinuum (SC) generation.  $\text{TeO}_2$ -based glasses offer a good compromise for SC generation in the mid-infrared (MIR). They exhibit a moderate transparency window (from 0.5 to 6  $\mu\text{m}$ ) comparable to fluoride glasses, but with higher non-linear index suitable for more compact configurations. Moreover, compared with chalcogenide glasses, they show higher damage threshold as well as shorter zero dispersion wavelength (around 2  $\mu\text{m}$ ) allowing for the potential development of sources featuring important common user needs for SC applications (single-mode behavior, inexpensive and compact laser pump with moderate power and turn-key system with no user alignment or maintenance required).

Taking full advantage of the rheological and optical properties of finely selected  $\text{TeO}_2$ -based glass compositions, we report on the fabrication of low-OH, highly non-linear step-index tellurite fibers suitable for SC generation. Fine control of the waveguide dispersion and low water-related absorptions allow for SC extension in the important 3-5  $\mu\text{m}$  spectral range. Pushing further we explore the development of glass/metal composite fibers based on the selected  $\text{TeO}_2$ -based materials. Here, bringing together the merits of different glasses, we report on the first tellurite-based core-clad dual-electrodes composite fiber made by direct, homothetic preform-to-fiber thermal co-drawing. We demonstrate the electrical continuity of the electrodes over meters of fiber. We believe the drawing of architectures merging electrical and optical features in a unique elongated wave-guiding structure will enable to develop new in-fiber functionalities based on hybrid electric/optic nonlinear effects.

## Synthèse basse température de nanoparticules X-chromes de $WO_{3-\delta}$

Marie Bourdin<sup>1,2</sup>, Manuel Gaudon<sup>1</sup>, Thierry Cardinal<sup>1</sup>, Younès Messaddeq<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux, ICMCB-CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux, France

<sup>2</sup>Centre d'Optique, Photonique et Laser, COPL, Université Laval, Québec, QC, Canada

[marie.bourdin@icmcb.cnrs.fr](mailto:marie.bourdin@icmcb.cnrs.fr)

Les oxydes de métaux de transition sont d'excellents candidats comme matériaux X-chromes. La synthèse de nanoparticules d'oxyde de métaux de transition par voie de chimie douce, avec un contrôle de la stœchiométrie et du degré d'oxydation de l'ion métallique, reste délicate. Elle nécessite de choisir les précurseurs et maîtriser les différentes étapes de préparation.

L'étude porte sur la synthèse du trioxyde de tungstène,  $WO_3$ , et ses dérivés  $WO_{3-\delta}$ , connus pour leurs propriétés électrochromiques, photochromiques, photocatalytique ou encore pour la détection de gaz. La synthèse par voie polyol nous a permis d'obtenir des produits colorés sous-stœchiométriques avec des tailles de cristallites de  $WO_3$  de l'ordre de 5nm. Les propriétés optiques ont été caractérisées par réflexion diffuse. Les spectres font apparaître une absorption dans l'UV et le proche infrarouge qui impacte peu la gamme du visible, ouvrant des perspectives comme l'utilisation de ces nanoparticules comme filtre solaire. Des mesures par XPS et RPE ont permis de mettre en avant la présence de  $W^{5+}$ , confirmant ainsi la sous-stœchiométrie et permettant d'attribuer la forte coloration à la réduction des ions tungstène.

# Controlling laser-induced features morphology on stainless steel surfaces using high average power femtosecond laser

F. Fraggelakis<sup>(1,2)</sup>, G. Mincuzzi<sup>(1)</sup>, J. Lopez<sup>(1,2)</sup>, Inka Manek-Hönninger<sup>(2)</sup>, R. Kling<sup>(1)</sup>

1. ALPhANOV, Technological Centre for Optics and Lasers, Optic Institute of Aquitaine, Rue F. Mitterrand 33400 Talence, France

2. Univ de Bordeaux, CNRS, CEA, CELIA UMR5107, 33405 Talence, France

Ultra-short pulse (USP) Laser Induced Periodic Surface Structures (LIPSS) namely ripples, micro-grooves and spikes [1] have received considerable attention since they can modify some key surface properties like wettability, colour and tribology, increasing the material's internal value [2]. Nevertheless, the complete understanding of the physical mechanisms leading to LIPSS formation is still under debate. Even so, at repetition rate values as high as several kHz, the fluence  $\Phi$  and the overall energy irradiated over a unit surface (dose) have been identified as the physical parameters playing a major role in the structures generation process [3][4][5].

However, for a fixed  $\Phi$  value, in correspondence of repetition rate as high as few MHz, the same dose value could enable the creation of surface structures having different morphologies depending on the process strategy. In fact, the latter, i.e. the combination of pulses overlap and number of scans corresponding to a given dose value has a huge bearing to determine the heat accumulated during the process which in turn will determine the final structure morphology.[6]

Here, for the first time, we report a systematic study on the influence of a comprehensive set of process parameters like  $\Phi$ , pulses overlap, number of scans and cumulative dose on the induced structure over stainless steel surface for various repetition rates up to 2 MHz. An industrial USP laser ( $\tau_p < 350$  fs) of high power (up to 20 W) emitting in the near infrared at  $\lambda = 1030$  nm was used to carry out the experiment. By comparing the results for different repetition rates (100 kHz to 2 MHz), we aim to push more in deep the understanding of the physical mechanism that leads to spike creation by verifying the role of the inter-pulse delay in heat accumulation.

For the high repetition rates of 1 & 2 MHz, we demonstrate the transition from ripples to conical formation underlining the presence of groove formation as an intermediate step. Interestingly, for the first time, we demonstrate the possibility to finely tune the feature size in the case of 1 MHz. In fact, by varying the fluence between  $0.16 \text{ J/cm}^2$  and  $0.54 \text{ J/cm}^2$  feature sizes comprised between  $8 \mu\text{m} \pm 3 \mu\text{m}$  and  $60 \mu\text{m} \pm 10 \mu\text{m}$  (Fig. 1). Further results underline the significance of the overlap.

Finally, by comparing the results obtained with several  $\Phi$  values we propose an effective strategy not only to overcome the heat accumulation issue in the formation of the structures, but also for scaling up the process.

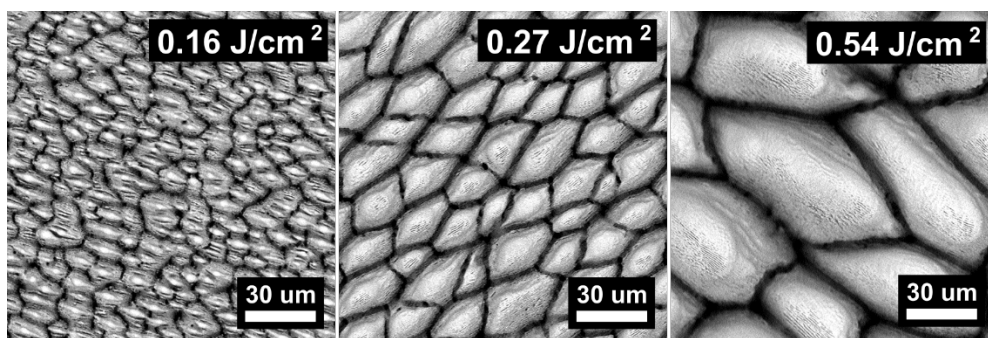


Fig. 1 SEM micrograph of stainless steel showing the different spike size obtained by varying the fluence. The number of scans was kept constant to 50 scans and we delivered an average of 70 pulses per spot in every scan.

## References

- [1] H. M. Van Driel, J. E. Sipe, and J. F. Young, "Laser-induced periodic surface structure on solids: A universal phenomenon," *Phys. Rev. Lett.*, vol. 49, no. 26, pp. 1955–1958, 1982.
- [2] A. Y. Vorobyev and C. L. Guo, "Optical and Wetting Properties of Femtosecond Laser Nanostructured Materials," *J. Nano Res.*, vol. 14, pp. 57–67, 2011.
- [3] G. Mincuzzi, L. Gemini, M. Faucon, and R. Kling, "Extending ultra-short pulse laser texturing over large area," *Appl. Surf. Sci.*, vol. 386, pp. 65–71, 2016.
- [4] M. Faucon, A. Laffitte, J. Lopez, and R. Kling, "Surface blackening by laser texturing with high repetition rate femtosecond laser up to 1MHz," *Proc. SPIE*, vol. 8972, no. February, p. 89721M, 2014.
- [5] O. Varlamova, M. Bounhalli, and J. Reif, "Influence of irradiation dose on laser-induced surface nanostructures on silicon," *Appl. Surf. Sci.*, vol. 278, pp. 62–66, 2013.

## Femtosecond laser-induced cavity in bulk silica: thermo-elasto-plastic simulations

R. Beuton<sup>1</sup>, B. Chimier<sup>1</sup>, J. Breil<sup>2</sup>, D. Hebert<sup>2</sup>, P.H. Maire<sup>2</sup>, G. Duchateau<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*CELLIA (Centre Lasers Intenses et Applications), 351 Cours de la Libération, F-33405 Talence cedex, France*

<sup>2</sup>*CEA-CESTA, 15 Avenue des Sablières, 33114 Le Barp*

*E-mail: romain.beuton@u-bordeaux.fr*

Powerful ultrashort laser pulses are an efficient tool to induce localized structural modifications in transparent materials. In particular, by tightly focusing intense femtosecond laser pulses in the bulk of dielectric materials, submicrometer cavities can be produced [1]. The absorbed laser energy is strongly confined into a volume where the matter evolves towards a warm dense plasma. After the laser irradiation, the plasma expansion, slowed down by the elasto-plastic behavior of the surrounding cold matter, launches strong shock waves. Permanent deformations then may appear in the surrounding solid matter if the induced stress becomes greater than the yield strength. It turns out that the plasma relaxation leads to the formation of a cavity with a size depending on the absorbed energy and the surrounding solid matter response. The latter processes thus have to be described to predict the laser induced micro-structuration of dielectric materials by tightly focused beams. To study this physical issue, an elasto-plastic model in a 2D plane geometry [2] has been implemented in a hydrodynamic lagrangian code [3], including thermal softening. Numerical simulations in fused silica exhibit how the shock induces reversible and permanent deformations. The shape of the shock compared to a classical hydrodynamic model appears significantly different. Calculations also show the various steps of the cavity formation, which are strongly correlated to the elasto-plastic behavior of solid matter. Furthermore, numerical simulations allow one to understand structural modifications near the cavity as an over-density observed around the void, or define critical points where the stress exceeds the material resistance in compression or in traction. This approach allows one to predict places of potential crack formation and propagation.

[1] E. G. Gamaly et al., "Laser-matter interaction in the bulk of transparent solid: Confined microexplosion and void formation", *Phys. Rev. B* **73**, 214101 (2006).

[2] P. H. Maire et al., "A nominally second order cell-centered lagrangian scheme for simulating elastic-plastic flows on two-dimensionnal unstructured grids", *J. Comp. Phys* (2012).

[3] J. Breil, S. Galera and P. H. Maire. "Multi-material ALE computation in inertial confinement fusion code CHIC", *Comp. Fluids*, **46** (2010).

# INFORMATIONS GENERALES

---

## Comité d'organization

Thierry Cardinal – ICMCB : [thierry.cardinal@u-bordeaux.fr](mailto:thierry.cardinal@u-bordeaux.fr)

Younès Messaddeq – COPL : [younes.messaddeq@copl.ulaval.ca](mailto:younes.messaddeq@copl.ulaval.ca)

Lionel Canioni – CELIA : [lionel.canioni@u-bordeaux.fr](mailto:lionel.canioni@u-bordeaux.fr)

## Comité d'organization local

Evelyne Fargin - ICMCB : [evelyne.fargin@icmcb.cnrs.fr](mailto:evelyne.fargin@icmcb.cnrs.fr)

Alain Garcia – ICMCB : [alain.garcia@icmcb.cnrs.fr](mailto:alain.garcia@icmcb.cnrs.fr)

Alain GarcSyvain Dantoa – ICMCB : [sylvain.danto@icmcb.cnrs.fr](mailto:sylvain.danto@icmcb.cnrs.fr)

Sandrine Quillateau ICMCB -- [sandrine.quillateau@icmcb.cnrs.fr](mailto:sandrine.quillateau@icmcb.cnrs.fr)

Daniel Da Rocha – LAPHIA : [daniel.darocho@u-bordeaux.fr](mailto:daniel.darocho@u-bordeaux.fr)

## LuMAQ Contact

[info.laphia@u-bordeaux.fr](mailto:info.laphia@u-bordeaux.fr)

<http://laphia.labex.u-bordeaux.fr/Partenariats-Internationaux-LIA-LUFAQ/r1149.html>

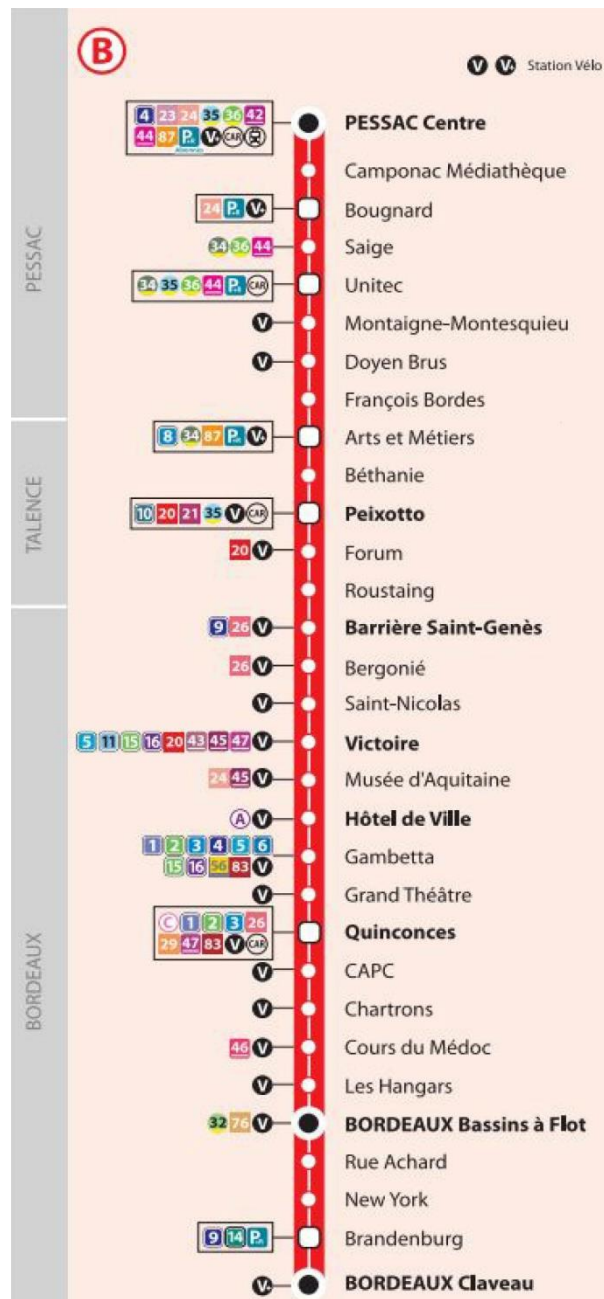


# TRANSPORT ET PLAN

ICMCB

87, Avenue du Docteur Schweitzer  
33608 PESSAC cedex (France)

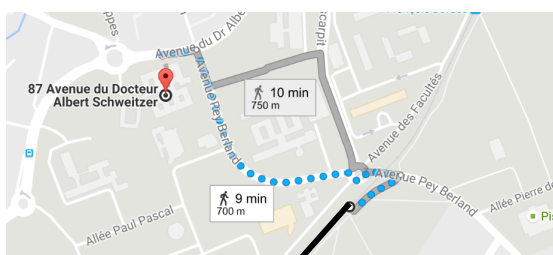
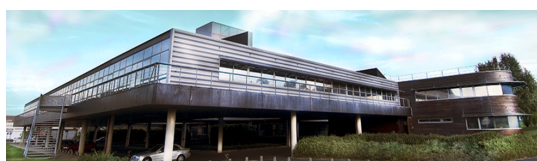
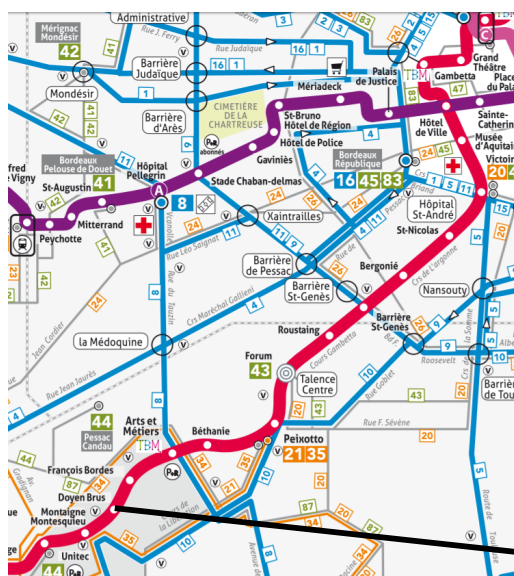
Tramway B - Stop « Doyen Brus » <http://www.infotbm.com>



# ICMCB / Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux

*L'Institut de chimie de la matière condensée de Bordeaux (ICMCB) est une unité propre du CNRS. Créé en 1995, l'Institut focalise ses recherches sur la Chimie du Solide, la Science des Matériaux et les Sciences Moléculaires : concevoir, préparer, mettre en forme et caractériser les matériaux pour découvrir, maîtriser et optimiser des fonctions spécifiques. L'ICMCB réalise des recherches fondamentales sur des matériaux modèles et/ou susceptibles d'avoir des applications. La complémentarité des approches et la synergie ainsi créées ont permis à l'Institut de conforter sa position nationale et internationale dans le domaine des matériaux.*

## Accès à l'ICMCB par le TRAM B



Arrêt TRAMB, Doyen Brus

## Accès à l'ICMCB par la route

