



Les **images et travaux présentés** ont été réalisés par Ali Issa et William d'Orsonnens à l'aide d'une technique dite de photopolymérisation à deux photons qui consiste à durcir un matériau polymère (matériau plastique) à l'endroit où passe un faisceau laser focalisé (lithographie optique). Pour donner un ordre d'idée de la taille, la structure totale est incluse dans un carré de 100 micromètres, à peine l'épaisseur d'un cheveu. Par dessus sont greffées / attachées des nanocristaux de matériau semi-conducteur dont la taille n'est que de 6 nanomètres de diamètre (environ 10000 fois plus petites que la structure) : ce sont ces particules qui induisent la fluorescence verte des structures. Ces techniques sont développées depuis plusieurs années déjà au sein du L2n par différents collègues et font l'objet de publications et de brevets (voir certaines publications plus bas). A l'aide d'un système d'imagerie de fluorescence, les signaux provenant des nanoparticules ont pu être captés et donnent la couleur verte.

**Le laboratoire L2n - Lumière, nanomatériaux et nanotechnologies**, est un laboratoire spécialisé dans la nano-optique et la nanophotonique fondé en même temps que l'Université de Technologie de Troyes en 1994\*. Ce laboratoire est une unité de recherche entre l'UTT et le CNRS (ERL 7004) comprenant une centaine de personnes.

\* L2n - ex LNIO: Laboratoire de Nanotechnologie et d'Instrumentation Optique

Établissement public créé à Troyes en 1994, l'**UTT - Université de Technologie de Troyes** compte aujourd'hui parmi les 10 écoles d'ingénieurs les plus importantes en France. Elle forme chaque année plus de 3000 étudiantes et étudiants de post-bac à bac+5 et bac+8. L'UTT est membre de la Conférence des directeurs des écoles françaises d'ingénieur (CDEFI), de la Conférence des grandes écoles (CGE), et de la Conférence des présidents d'université (CPU).

L'UTT fait partie du réseau des UTs regroupant l'UTC à Compiègne, l'UTBM à Belfort-Montbéliard, et l'UTSEUS à Shanghai. Elle est également à l'origine de l'initiative EU+ (Université de Technologie Européenne), aux côtés de 7 autres universités européennes, et abrite la première *graduate school* (école universitaire de recherche) en nano-optique et nanophotonique de France.

**Christophe Couteau**, enseignant-chercheur et directeur du L2n. Sa recherche s'articule autour de l'utilisation des nanomatériaux appliqués aux nouvelles technologies quantiques et en particulier vers le déploiement à grande échelle d'un futur simulateur quantique.

**Ali Issa**, chercheur post-doctorant au L2n. Ses travaux de thèse l'ont amené à développer un tout nouveau polymère utilisable en nano/micro-assemblage pour de la structuration contrôlée en 1D, 2D et 3D. Le polymère permet de greffer/attacher à sa surface et sur de larges échelles des nanoparticules de diverses natures (fluorescentes, magnétiques...).

**William d'Orsonnens**, doctorant au L2n. Il a étudié la synthèse de boîtes quantiques, et leurs applications possibles pour le nano/micro-assemblage à travers les techniques développées au sein du L2n par plusieurs collègues. Ses travaux de recherche actuels se situent à l'interface entre la plasmonique et la mécanique pour aller vers des capteurs opto-mécaniques.

### **Quelques publications scientifiques et brevets associés à ces travaux:**

Process for Functionalizing a Surface of a Solid Support with Nano- or Microparticles

Safi Jradi, Ali Issa, Irene Izquierdo-Lorenzo.

Brevet à paraître (2021).

One strategy for nanoparticles assembly into 1D, 2D and 3D polymer micro and nanostructures.

Ali Issa, Irene Izquierdo-Lorenzo, Melissa Merheb, Dandan Ge, Aurélie Broussier, Sylvie Marguet, Christophe Couteau, Renaud Bachelot & Safi Jradi.

Submitted (2021).

Hybrid plasmonic nano-emitters with controlled single quantum emitter positioning on the local excitation field.

Dandan Ge, Sylvie Marguet, Ali Issa, Safi Jradi, Hoa Nguyen, Mackrine Nahra, Jérémie Béal, Régis Deturche, Hongshi Chen, Sylvain Blaize, Jérôme Plain, Céline Fiorini, Ludovic Douillard, Olivier Soppera, Quyen Dinh Xuan, Cuong Dang, Xuyong Yang, Tao Xu, Bin Wei, Xiao Wei Sun, Christophe Couteau & Renaud Bachelot.

Nature Communications 11, 3414 (2020).

3D Photoluminescent Nanostructures Containing Quantum Dots Fabricated by Two-Photon Polymerization: Influence of Quantum Dots on the Spatial Resolution of Laser Writing.

Ying Peng, Safi Jradi, Xuyong Yang, Maxime Dupont, Fatima Hamie, Xuan Quyen Dinh, Xiao Wei Sun, Tao Xu & Renaud Bachelot.

Advanced Materials Technologies 4, 1800522 (2018).

Wavelength-scale light concentrator made by direct 3D laser writing of polymer metamaterials. Johnny Moughames, Safi Jradi, T. Chan, S. Akil, Y. Battie, A. En Naciri, Z. Herro, S. Guenneau, S. Enoch, Lilian Joly, J. Cousin & Aurélien Bruyant.

Scientific Reports 6, 33627 (2016).

Two-Color Single Hybrid Plasmonic Nanoemitters with Real Time Switchable Dominant Emission Wavelength.

Xuan Zhou, Jérémie Wenger, Francesco Viscomi, Loïc Le Cunff, Jérémie Béal, Serguei Kochtcheev, Xuyong Yang, Gary Wiederrecht, Gérard Colas Des Francs, Anu Singh Bisht, Safi Jradi, Roberto Caputo, Hilmi Volkan Demir, Richard Schaller, Jérôme Plain, Alexandre Vial, Xiao Wei Sun & Renaud Bachelot.

Nano Letters 15, 7458 (2015).

Direct laser writing of random Au nanoparticle three-dimensional structures for highly reproducible micro-SERS measurements.

Irene Izquierdo-Lorenzo, Safi Jradi, and Pierre-Michel Adam, RSC Advances 4, 4128-4133 (2014).



The **images and structures realised** were designed and made by Ali Issa and William d'Orsonnens using a technique known as photopolymerisation with two-photons which consists of hardening a polymer material (plastic material) where a laser beam has been focused and scanned (optical lithography). To give you an idea of the size, the whole structure is included in a 100 micrometers' square, roughly the thickness of a strand of hair. On top of it, we grafted / attached semiconductors nanocrystals with a diameter of 6 nanometers (thus 10000 times smaller than the structure) : those particles induce the green fluorescence of the structures. These techniques have been developed for the last few years at the L2n by different colleagues (see references). With a fluorescence imaging setup, signals coming from the structures could be measured.

**The L2n laboratory - Light, nanomaterials & nanotechnologies**, is a laboratory specialised in nano-optics and nanophotonics founded at the same time as the University of Technology of Troyes in 1994\*. This laboratory is a joint research research unit between the UTT & the CNRS (ERL 7004) comprising around 100 people.

\* L2n - ex LNIO: Laboratoire de Nanotechnologie et d'Instrumentation Optique

Public institution created at Troyes in 1994, the **UTT - Université de Technologie de Troyes** is nowadays amongst the 10 most important engineering schools in France. The UTT trains every year more than 3000 students from post-bac to bac+5 and bac+8. The UTT is member of the Conférence des directeurs des écoles françaises d'ingénieur (CDEFI), of the Conférence des grandes écoles (CGE) and of the Conférence des présidents d'université (CPU).

**Christophe Couteau** is a physicist and director of the L2n. His research consists in the use of nanomaterials applied for new quantum technologies and in particular towards the scaling up of a futur quantum simulator.

**Ali Issa** is a post-doctorate fellow at the L2n. His PhD work led him to develop a new polymer to use for nano/micro-assembling towards controlled structures in 1D, 2D and 3D. This polymer allows the grating/attachment at its surface and on a large scale of nanoparticles of various types (fluorescent, magnetic...).

**William d'Orsonnens** is a PhD student at the L2n. He studied the synthesis of nanocrystals/quantum dots for possible applications in nano/micro-assembling using the techniques developed at the L2n by many colleagues in the past. His current research work is at the interface between plasmonic and mechanics towards opto-mechanical sensors.

The UTT of the network of french UTs comprising the UTC in Compiègne, the UTBM in Belfort-Montbéliard and the UTSEUS in Shanghai. The UTT is also at the origin of the EUt+ initiative (European University of Technology), with 7 other european universities and possesses also the first *graduate school* in nano-optics & nanophotonics in France.