

LuMIn

Présentation du laboratoire

Nom du Laboratoire	Lumière, Matière et Interfaces
Acronyme	LuMIn
Adresse	ENS-PS, 4 avenue des Sciences, 91190 Gif-sur-Yvette
Site web	https://www.lumin.universite-paris-saclay.fr/fr
Tutelles	ENS-PS, CNRS, CentraleSupélec, Univ. Paris-Saclay
Graduate School(s) de rattachement	Physique, Chimie, Sciences de l'ingénierie et des systèmes, Life Sciences and Health, Institut des Sciences de la Lumière
Autres OI d'intérêt	Bioprobe
Directeur du laboratoire	Fabien Bretenaker
Email	fabien.bretenaker@universite-paris-saclay.fr
Téléphone	01 75 31 68 91

Personne contact du laboratoire pour PSiNano

Nom	Prénom	Fonction	Email	Téléphone
Palpant	Bruno	Dir. Adjoint labo	bruno.palpant@universite-paris-saclay.fr	01 75 31 66 26

Présentation des équipes de recherche

Équipe 1

Nom de l'équipe	Plasmonique et nanophotonique ultrarapides
Site Web de l'équipe	https://www.lumin.universite-paris-saclay.fr/fr/node/13
Nombre de personnels	3 permanents, 1 post-doctorant, 1 doctorant

Liste des permanents de l'équipe

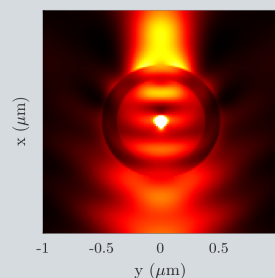
Nom	Prénom	Fonction	Email	Téléphone
ANTONI	Thomas	EC	thomas.antoni@centralesupelec.fr	0175316837
DO	Khanh-Van	IR	khanh-van.do@centralesupelec.fr	0175317258
PALPANT	Bruno	EC	bruno.palpant@centralesupelec.fr	0175316626

Activités de recherche

Optomécanique en champ proche

L'optomécanique est le couplage du rayonnement électromagnétique et de mouvements mécaniques. À l'échelle macroscopique ces phénomènes sont négligeables. Mais à l'échelle nanométrique (1) les objets sont légers, donc beaucoup plus sensibles à de petites forces ; (2) les effets surfaciques sont significatifs. Notamment, les ondes évanescentes contribuent fortement au comportement optique. Or les densités d'énergie sont très importantes en champ proche. Si les systèmes nanométriques individuels ne sont pas observables optiquement car trop petits, leur interaction mécanique avec la lumière est en revanche mesurable. Dans l'équipe, on s'intéresse à ces phénomènes, comme par exemple à la force transférée par une nanoparticule à un canal microfluidique lorsqu'elle traverse un faisceau laser.

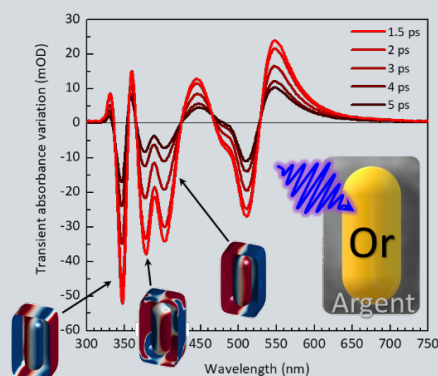
with 25 nm particle



Distribution d'intensité photonique dans le plan de coupe d'un capillaire contenant une nanoparticule d'or et éclairé transversalement de bas en haut, polar. horizontale.

Réponse optique ultrarapide de nano-objets plasmoniques complexes

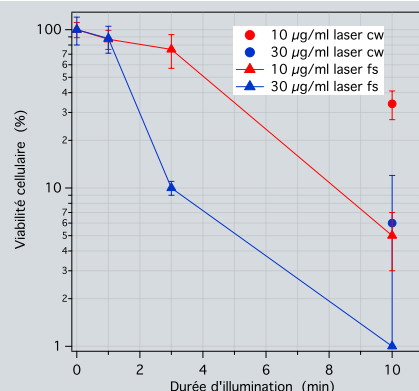
L'interaction d'une impulsion laser ultrabrève et d'un nano-objet plasmonique induit une série d'échanges énergétiques internes et avec l'environnement, qui résulte en une modification des propriétés optiques de l'objet. Nous étudions par des approches expérimentales (spectroscopie transitoire large bande) et de modélisation la dynamique de la réponse optique de nanoparticules complexes, pouvant présenter plusieurs modes plasmoniques et dans lesquels les couplages (avec des modes photoniques, avec l'environnement, entre nano-objets) jouent un rôle prépondérant. Cette dynamique est associée à la modulation du champ proche, la photoluminescence et l'émission d'électrons, exploitables en photonique ultrarapide ou dans le domaine biomédical comme la photothérapie dynamique localisée.



Absorption optique transitoire de nanocuboïdes or-argent cœur-coquille, mesurée par spectroscopie pompe-sonde. Les très fortes variations dans le proche UV sont dues à la modification ultrarapide de modes transverses multipolaires liés aux charges miroirs aux interfaces interne et externe.

Conversion photothermique dans les nano-objets plasmoniques

L'absorption de lumière par des nano-objets plasmoniques est restituée principalement sous forme d'énergie thermique. On dispose ainsi de nano-sources de chaleur activées optiquement. Notre équipe étudie ces phénomènes en régime d'excitation continue ou impulsionnelle et les exploite dans divers domaines. (1) Applications biomédicales : hyperthermie localisée pour la thérapie ciblée du cancer, délivrance intracellulaire contrôlée d'oligonucléotides pour la thérapie génique. Nous collaborons pour cela avec chimistes, biologistes et oncologues. (2) Matériaux fonctionnels activés optiquement : il s'agit d'induire une modification de propriétés de matériaux (thermochromes, polymères thermosensibles,...) par conversion photothermique à petite échelle dans des nano-objets plasmoniques.



Viabilité de cellules de cancer du sein triple-négatif 48h post-irradiation laser : continu (cw) ou à impulsions ultracourtes, de même intensité, en présence de nanobâtonnets d'or de résonance plasmon accordée à la raie laser. Ces résultats démontrent l'efficacité accrue de l'irradiation impulsionnelle.

Lien Recherche- Formation

La plasmonique est une discipline « nano » qui intéresse un public large, en formation initiale ou continue. Elle est particulièrement pluridisciplinaire dans ses développements, comme en témoignent les GDRs du CNRS « Or-Nano », « Plasmonique Active » ou « NanoAlloys ». L'univ. Paris-Saclay abrite plusieurs équipes expertes en plasmonique, de la matière condensée à la biologie en passant par la nanophotonique et la chimie, y compris dans des actions Art&Science qui sont des actions de choix pour la formation.

Collaborations sur le plateau de Saclay

Laboratoire	UPS/IPP/Ind	Thème de la collaboration
Institut de Chimie Physique	UPS	Etude optique de différents objets plasmoniques – actions Art&Science
CEA/NIMBE	UPS	Etude de différents objets plasmoniques pour applications bio
CEA/SPEC/LEPO	UPS	Photoémission électronique par nano-objets plasmoniques
LBPA	UPS	Largage d'ADN intracellulaire photo-induit pour la thérapie génique
LPS	UPS	Etude optique de nano-objets complexes
LPS	UPS	Photostriction dans ferroélectriques
SPMS	UPS	Photostriction dans ferroélectriques
C2N	UPS	Management thermique, du régime classique au régime quantique
Mirsense	Ind	Miroirs sélectifs à cavité intégrée

Principales Collaborations nationales :

Laboratoire	Institution	Pays	Thème de la collaboration
L2n	UTT	F	Microcavités plasmoniques en régime ultrarapide
LRS	Sorbonne Université	F	Largage d'ADN intracellulaire photo-induit pour la thérapie génique
Cancer et transplantation	INSERM/Univ. De Paris, AP-HP	F	Thérapies ciblées du cancer
SIMM	ESPCI	F	Dispositifs hydrogels photoactivables

Principales Collaborations Internationales

Laboratoire	Institution	Pays	Thème de la collaboration
ISM	CNR	Italie	Spectroscopie transitoire de nano-objets complexes
INRS		Montréal, Canada	Réponse optique de matériaux thermochromes plasmoniques

Équipe 2

Nom de l'équipe	Nano Optics and Spectroscopy
Site Web de l'équipe	http://www.noos.universite-paris-saclay.fr
Nombre de personnels	3 permanents, 3 post-doctorant, 5 doctorant

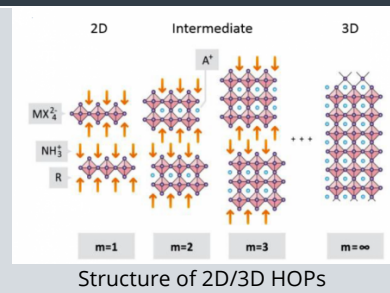
Liste des permanents de l'équipe

Nom	Prénom	Fonction	Email	Téléphone
Deleporte	Emmanuelle	PU	Emmanuelle.deleporte@ens-paris-saclay.fr	
Lauret	Jean-Sébastien	PU	lauret@ens-paris-saclay.fr	
Mayer	Cédric	PU	Cedric.mayer@uvsq.fr	
Rondin	Loïc	MCF	Loic.rondin@universite-paris-saclay.fr	
Allard	Gaëlle	IR	Gaelle.allard@universite-paris-saclay.fr	

Activités de recherche

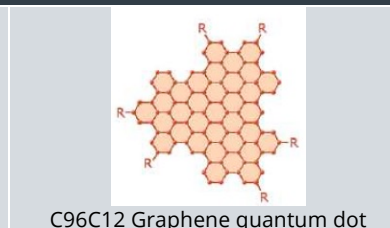
L'ingénierie chimiques de nanostructures collidales de pérovskites halogénées

L'ingénierie chimiques de nanostructures collidales de pérovskites halogénées est au coeur du projet de l'équipe. Leurs propriétés optiques peuvent être façonnées suivant les applications visées : émission de lumière dans le cadre de la réalisation de PeLEDs pour la VLC (Visible Light Communications) ou de lasers, matériau absorbeur dans le cadre du photovoltaïque. L'équipe étudie particulièrement les effets excitoniques, la dynamique des recombinaisons des porteurs de charge, les transferts d'énergie entre parties organique et inorganique dans les pérovskites hybrides halogénées.



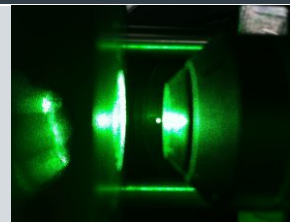
NanoGraphenes

In this part, the group investigates the optical properties of carbon nanotubes, graphene nanoribbons and graphene quantum dots. These experiments are performed both on ensemble and single nanoobjects.



Levitation of nanoparticle in vacuum

in this part, the group is interested in improving the control on levitated particles with two objectives: to extend the particle control to other degrees of freedom than the simple centre of mass motion, to benefit from the control that can be enforced on the environment of levitated particles to address questions related to stochastic dynamics.



Optical levitation of a nanodiamond

Collaborations sur le plateau de Saclay

Laboratoire	UPS/IPP/Ind	Thème de la collaboration
NIMBE	UPS	Nanographene
ISMO	UPS	Nanographene / HOPs
SPEC	UPS	Nanographene
ICCMO	UPS	Nanographene
IPVF	IPP	HOPs
ILV	UPS	HOPs
GEMAC	UPS	HOPs
LPS	UPS	HOPs
LTPMS	UPS	Levitation
SPMS	UPS	HOPs
LSI	IPP	HOPs
LYDYL	UPS	HOPs

Principales Collaborations nationales

Laboratoire	Institution	Pays	Thème de la collaboration
LPENS	ENS	France	NanoGraphene/Levitation
LPSM	Université de Villetaneuse	France	Levitation
INL	Ecole Centrale de LYON	France	HOPs
XLIM	Université de Limoge	France	HOPs
FOTON	INSA Rennes	France	HOPs

Principales Collaborations Internationales

Laboratoire	Institution	Pays	Thème de la collaboration
MPIP	Max Planck Institute	Allemagne	NanoGraphènes

Équipe 3

Nom de l'équipe	Propriétés de nanoparticules
Site Web de l'équipe	http://www.noos.universite-paris-saclay.fr
Nombre de personnels	2 permanents, 1 doctorant

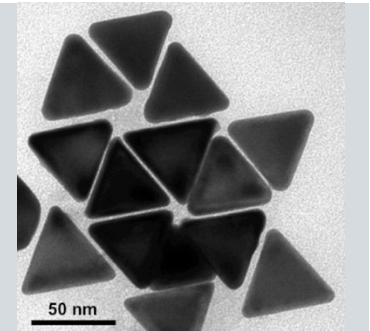
Liste des permanents de l'équipe

Nom	Prénom	Fonction	Email	Téléphone
Ledoux-Rak	Isabelle	EC	isabelle.ledoux@ens-paris-saclay.fr	0181875567
Nguyen	Chi-Thanh	IR CNRS	chi-thanh.nguyen@ens-paris-saclay.fr	0181875564

Activités de recherche

Nano plasmonique non-linéaire

Les études de molécules et de matériaux non linéaires se sont orientées vers la génération de seconde harmonique de nanoparticules métalliques en solution. Les nonlinéarités mesurées dépendent de leur taille et de leur forme, notamment dans le cas de surfaces à haut degré de corrugation ou de nanotriangles à sommets très aigus. Dans ce dernier cas, la réponse non linéaire semble résulter des effets de pointe dus à ces sommets plutôt qu'à la rupture de centrosymétrie de la forme triangulaire. On envisage actuellement de greffer des molécules non linéaires (et éventuellement photochromes) sur ces particules pour étudier l'influence des interactions molécules/plasmons sur la réponse non-linéaire de ces objets.

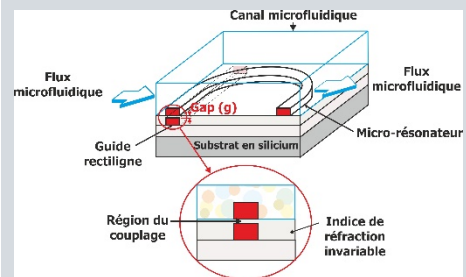


Nanotriangles d'or synthétisés et étudiés à LuMIn pour leurs propriétés optiques non linéaires.

Capteur de nanoparticules

Un capteur opto-fluidique à base de micro-résonateurs (guides en anneau) polymères immergés dans un circuit microfluidique a été mis au point pour la détection de biomolécules, de nano-objets et de polluants, en utilisant l'interaction entre une onde évanescente du microrésonateur optique et les objets à détecter près de sa surface. La spécificité de la détection est assurée par le greffage sur cette surface d'une molécule de reconnaissance spécifique de l'espèce cible ou du nano-objet recherché.

Un exemple de détection de polluant dans l'eau potable a été mis en évidence pour les ions cadmium Cd^{2+} . La limite de détection dans l'eau pure (resp. l'eau du robinet) est de 0.13 nM (resp. 0,17 nM), soit 14.8 ng/L (resp. 18 ng/L). Des études sont en cours sur l'utilisation de ce dispositif pour la reconnaissance de brins d'ADN.



Configuration d'un micro-résonateur en couplage vertical dans une cellule opto-fluidique.

Collaborations sur le plateau de Saclay :

Laboratoire	UPS/IPP/Ind	Thème de la collaboration
ICMMO	UPS	Fonctionnalisation de la surface de capteurs

Équipe 4

Nom de l'équipe	Dispositifs nanostructurés
Site Web de l'équipe	https://www.lumin.universite-paris-saclay.fr/fr/node/14
Nombre de personnels	2 permanents, 1 doctorant, 1 post-doc

Liste des permanents de l'équipe

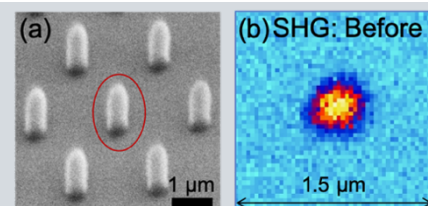
Nom	Prénom	Fonction	Email	Téléphone
Lai	Ngoc Diep	EC	ngoc-diep.lai@ens-paris-saclay.fr	0181875571
Lebental	Mélanie	EC	lebental@ens-paris-saclay.fr	0181875569

Activités de recherche

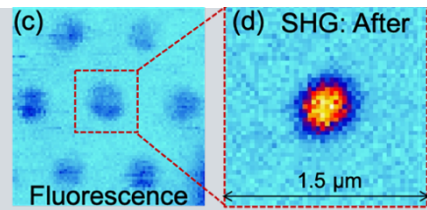
Couplage photonique de nanoparticules

Nous avons développé une technique (LOPA) de fabrication et d'imagerie originale qui consiste à utiliser un faisceau laser à absorption ultra-faible. Cette technique permet de réaliser des structures photoniques sub-micrométriques multidimensionnelles.

Il est également démontré que le LOPA permet d'incorporer à la demande une nanoparticule unique (Au, QD, KTP) dans une



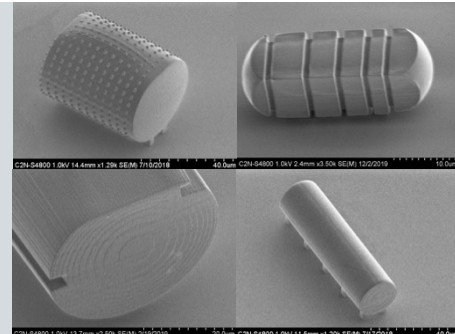
structure photonique, comme le montre la figure à droite. L'incorporation de la particule active dans une structure photonique permet d'améliorer la propriété de la particule. La figure montre une multiplication du signal de génération de seconde harmonique d'un facteur 100. Ce couplage est très intéressant pour de nombreuses applications dans des domaines variés tels que l'optique non-linéaire, la plasmonique, les sources de photon unique, etc.



Structure photonique en polymère contenant une nanoparticule non-linéaire (KTP) au centre. (a) Image MEB. (c) Image fluorescente. (b),(d) Images de SHG de la nano-KTP insérée au pilier central.

Nano-design de micro-lasers 3D

Les développements récents de l'écriture directe par laser à l'échelle micro et nano-métrique ouvrent de nouvelles perspectives dans la conception et la fabrication de micro-lasers. L'objectif de ce projet est d'optimiser la forme du miroir de sortie à l'échelle nano-métrique afin d'obtenir un faisceau laser de forme et de phase contrôlées à volonté.



Images MEB de quelques micro-lasers, avec en particulier un gros plan sur la face de sortie.

Collaborations sur le plateau de Saclay :

Laboratoire	UPS/IPP/Ind	Thème de la collaboration
GeMAC	UVSQ	Quantum dots
Charles Fabry	IOGS	Upconversion nanoparticles
C2N	UPS	Nano-design de micro-lasers

Principales Collaborations nationales

Laboratoire	Institution	Pays	Thème de la collaboration
Chaire Photonique	Centrale-Supelec Metz	France	Nano-design de micro-lasers

Principales Collaborations Internationales

Laboratoire	Institution	Pays	Thème de la collaboration
Physics	Lanzhou University	Chine	Nano-design de micro-lasers
Physics	Tel Aviv University	Israël	Nano-design de micro-lasers
Physics	University of Guanajuato	Mexique	Nano-design de micro-lasers Nano-design de micro-lasers
Physics	ITMO	Russie	Nonlinear nanoparticles
Physics	National Chung Cheng University	Taiwan	Nonlinear nanoparticles
IMS	VAST	Vietnam	Magnetic nanoparticles and thin films

Équipe 5

Nom de l'équipe	New optical methods for life science
Site Web de l'équipe	https://www.lumin.universite-paris-saclay.fr/fr/node/15
Nombre de personnels	5 permanents, 3 doctorants

Liste des permanents de l'équipe

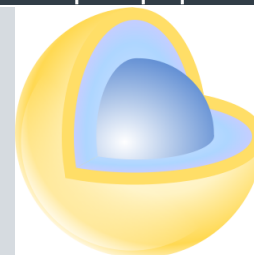
Nom	Prénom	Fonction	Email	Téléphone
LAFARGUE	Clément	EC	clement.lafargue@ens-paris-saclay.fr	
MARQUIER	François	EC	francois.marquier@ens-paris-saclay.fr	01 81 87 55 86
PERRONET	Karen	C	karen.perronet@ens-paris-saclay.fr	01 81 87 55 87
TREUSSART	François	EC	francois.treussart@ens-paris-saclay.fr	01 81 87 55 68
ZYSS	Joseph	EC	joseph.zyss@ens-paris-saclay.fr	

Activités de recherche :

Themes: development of new **methods** for various applications in Life sciences, with a focus on fundamental cellular processes. These methods, often based on quantum emitters, include: development of new **microscopy setups**, new strategy to **displace nanoparticles** with light, new **optically active nanoprobes**, some coupled to plasmonic nanostructures to enhance their response. Quantum technologies allow the development of new emitters, whose optical properties can be modified depending on their environment: enhancement of the signal, modification of the spectrum...

Activité 1: Novel optically active nanoprobes and plasmonic enhancement of their optical properties

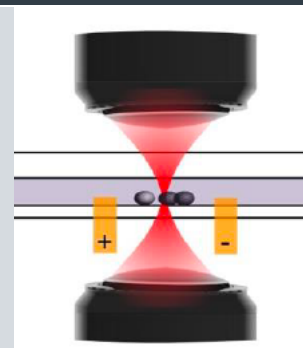
In this topic, we aim at developing efficient nanoprobes for observation of biological processes deep in tissues. Two axis are developed: (1) optically active nanoparticles with both fluorescence and non-linear optical responses for bio-imaging in the red-near infrared (NIR) 650-1350 nm transparency windows of tissues. Two families of probes are explored: SiC nanoparticles containing photoluminescent defects emitting in the near infrared, and rare-earth doped BaTiO₃ nanoparticles. (2) Enhancement of photoluminescence or second harmonic (SH) generation properties is also explored using surface and localized plasmons on metallic structures with sub-wavelength dimensions. Different types of nanostructures shape are investigated: chiral non-linear metamolecules and hybrid metal-particle nanostructures.



Example of a hybrid plasmonic system (BaTiO₃ core and gold shell) to enhance the SHG signal from the BaTiO₃. It is possible to reach an enhancement of SH emission by one order of magnitude, keeping a low temperature enhancement.

Activité 2: Original microscopy setups and their application

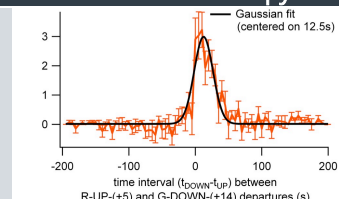
Mainly two original microscopy setups are developed: (1) A prototypal Electro-Optical Microscope (EOM) has been developed over the past few years. It relies on a transmission optical microscope with an interferometric detection of the Pockels effect electro-optical (EO) response of the sample. It allows the measurement of the non-linear susceptibility of living cells, and the evaluation of the differences between wild and pathologic conditions. (2) A two-photon microscope based on a digital holography approach is also developed to probe intraneuronal transport parameters. This setup uses a digital micromirror device (DMD) as a fast spatial light modulator. The spatial shaping of the pump laser allows focusing at different positions in 3D into the sample to track quantum emitters. We expect to reach regimes of superlocalization at unprecedented temporal resolution, below 1ms, allowing the accurate measurement of short processes. The microscope will also be able to record the orientation motion of the nanoparticles on top of the translational motion.



Sketch of an electro-optical microscope: A static electric field is applied to living cell while the microscope images the dephasing induced by the electro-optical response of the sample. The non-linear susceptibility is deduced from this measurement.

Activité 3: Monitoring of elementary biological processes by single molecule fluorescence microscopy

We use fluorescent probe to follow the kinetics of elementary biological processes such as viral capsid assembly or eukaryotic translation, using total internal reflection fluorescence (TIRF) microscopy at the single molecule level. The *in vitro* studies will be extended to the monitoring of translation in a whole cell with subcellular resolution. In particular, local translation is essential for the maintenance of decentralized information processing in dendrites and axon, underlying many fundamental neuronal processes. Therefore, advances in monitoring this activity with minimally invasive optical microscopy, could contribute to identify abnormal synaptic signaling pathways.



Measurement of the eukaryotic translation (from mRNA to protein) dynamics using a TIRF microscope.

Collaborations sur le plateau de Saclay

Laboratoire	UPS/IPP/Ind	Thème de la collaboration
SPEC/CEA Paris-Saclay	UPS	Activité recherche n°1
SPMS/CentraleSupélec	UPS	Activité n°1 et 2
IERP/INRAE Jouy-en-Josas	UPS	Activité n°2
I2BC (UMR 9198)	UPS	Activité n°3
LPS (UMR 8502)	UPS	Activité n°3
LPICM (UMR7647)	IPP	Activité n°2
SPEC/CEA Paris-Saclay	UPS	Activité n°1

Principales Collaborations nationales

Laboratoire	Institution	Thème de la collaboration
CRCL	INSERM/CNRS	Activité n°3

Principales Collaborations Internationales

Laboratoire	Institution	Pays	Thème de la collaboration
DULIN David	Vrije Universiteit Amsterdam	Pays Bas	Activité n°3

Équipe 6

Nom de l'équipe	Biophotonique et physiopathologie des synapses
Site Web de l'équipe	https://www.lumin.universite-paris-saclay.fr/fr/node/16
Nombre de personnels	4 permanents, 3 doctorants

Liste des permanents de l'équipe

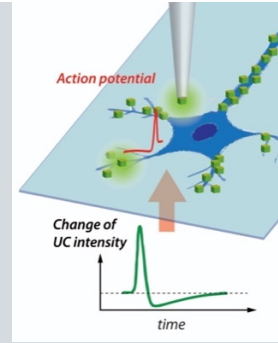
Nom	Prénom	Fonction	Email	Téléphone
DUTAR	Patrick	C	patrick.dutar@universite-paris-saclay.fr	
MOTHET	Jean-Pierre	C	jean-pierre.mothet@universite-paris-saclay.fr	
POTIER	Brigitte	C	brigitte.potier@universite-paris-saclay.fr	
TREUSSART	François	EC	francois.treussart@ens-paris-saclay.fr	01 81 87 55 68

Activités de recherche

Thèmes : Studies of the fundamental mechanisms at the molecular and cellular levels that control synapse functioning, plasticity and the dynamics of neuronal circuits in the normal and pathological brain. Methods implemented in the team: electrophysiology; photonic microscopies; monitoring of individual nanoparticles; optopharmacology and optogenetics; biosensors; cell biology and biochemistry.

Activité 1 : Development of electric field quantum nanosensors based on an optical signal, for bioapplications

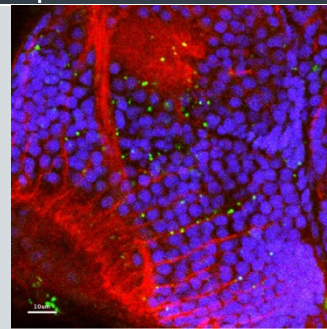
We aim at developing a nanosensor of electric field E in biological environment, that transduces E in change in photoluminescence changes. We explore two candidates based on optical properties of quantum defects in nanocrystals: Nitrogen-Vacancy (NV) center in nanodiamond and rare-earth ions (RE^{3+})-doped ferroelectric nanoparticles. In both cases, external electric field induce changes of photoluminescence or up-conversion emission spectrum (due to change of charge state in the case of NV center or due to crystal unit cell distortion for RE -doped ferroelectric leading to changes in oscillator strengths of RE^{3+} transitions).



Detection of neuronal action potential through spectral changes of up-conversion from Er^{3+} ions in a ferro/piezoelectric host crystal.

Activité 2 : Measurement of intraneuronal molecular transport deep into the brain of vertebrates

We have developed a high-throughput, high-content method for measuring endosomal transport in dendrites and axons of neurons. This method uses optically active nanoparticles (fluorescent or non-linear). We first used it to demonstrate, in mouse neurons in culture (*in vitro*), the perturbation of endosomal transport by genetic risk factors for neuropsychiatric diseases, and we are currently extending it *in vivo* to zebrafish larval brain neurons (image opposite), in normal and pathological situations. This approach will then be combined with imaging of neural circuit activity.



Non-linear nanoparticles (green), in the axons (red) of periventricular neurons (blue cores) of the brain of zebrafish larvae. Scale bar : 10 μm . Credit : M. Frétaud, INRAE, Jouy-en-Josas.

Activité 3 : Investigation of functional regulations of transmission and synaptic plasticity in healthy and diseased brain.

Many brain pathologies such as Alzheimer's disease or schizophrenia originate from early synaptic defects, but synapse nanoscale size has left many questions unanswered. We investigate molecular and cellular mechanisms controlling synapse and neuronal networks activity in normal and pathological conditions, using interdisciplinary approaches. These include single nanoparticle tracking, fluorescence or non-linear microscopy, electro-chemical sensing at the nanoscale of neuromodulators with scanning ion conductance microscopy, *in vivo* and *ex vitro* electrophysiology, primary neuronal and glial cultures, biochemistry, cell and molecular biology, and the development of new optogenetics and opto-pharmacology tools. We use transgenic mouse models of diseases and cells derived from patients.

Collaborations sur le plateau de Saclay :

Laboratoire	UPS/IPP/Ind	Thème de la collaboration
SPEC/CEA Paris-Saclay	UPS	Activité de recherche n°1
SPMS/CentraleSupélec	UPS	Activité n°1
IERP/INRAE Jouy-en-Josas	UPS	Activité n°2 et n°3
Institut de Biologie François Jacob/CEA Paris-Saclay (Fontenay)	UPS	Activité n°2 et n°3
LPICM (UMR7647)	IPP	Activité n°3
Laboratoire de Neuropharmacologie, CESP/UMR-S 1178, Faculté de Pharmacie	UPS	Activité n°3
SEPIA/CEA Paris-Saclay (Fontenay)	UPS	Activité n°3 et n°2

Principales Collaborations nationales :

Laboratoire	Institution	Thème de la collaboration
Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne (Dijon)	Université de Bourgogne / CNRS	Targeted Mitochondria Nano-Theranostic: towards new diagnosis and treatments of brain diseases
Institut de Génétique Humaine (Montpellier)	Université de Montpellier / CNRS	Screening Nucleic Acid Receptors by Nanotechnologies for Therapeutics against Inflammation

Principales Collaborations Internationales

Laboratoire	Institution	Pays	Thème de la collaboration
CHANG Huan-Cheng	IAMS/Academia sinica	Taiwan	Activité n°1 et 2
CIGLER Petr	IOCB/Académie des sciences tchèque	République Tchèque	Activité n°2
EMPTAGE Nigel	Dpt. Pharmacology/Oxford University.	Grande Bretagne	Thème n°3
POLLEGIONI Loredano	Università degli Studi dell'Insubria	Italie	Thème n°3
KRAUSS Ulrich	University of Düsseldorf	Allemagne	Thème n3