

## Sujet de stage Master M2 - Ingénieur : année 2017-2018

Proposé par : Ludovic BURGNIES

Tél. : 03 20 19 79 03

E-mail : ludovic.burgnies@iemn.univ-lille1.fr

Groupe de recherche : DOME

### Titre : Guide d'onde de surface pour les textiles connectés

#### Résumé (français)

Ces dernières années, les objets connectés se sont immiscés dans la vie quotidienne, et des textiles connectés commencent à être proposés sur le marché. D'autres produits, dits textiles intelligents, comportant des capteurs et modules d'électroniques embarquées se sont aussi développés en s'orientant vers le marché professionnel (vêtements militaires ou de sécurité) et vers les domaines de la santé et du sport. Cependant, leur fiabilité reste discutable en particulier à cause de problèmes liés à la connectivité et à l'alimentation des modules électroniques. Parmi différentes solutions, la communication sans fil entre des capteurs portés et un Smartphone est envisagée pour limiter les connexions filaires. Il est alors nécessaire d'améliorer le bilan de liaison en intégrant par exemple des structures guidant les ondes sur ou dans le textile.

Le stage s'inscrit dans cette thématique et a pour objectif d'étudier des guides d'ondes de surface inspirés des structures métamatériaux en technologie textile. Deux structures seront envisagées : les conducteurs magnétiques artificiels (AMC) et les surfaces inductives par corrugation métallique. Dans un premier temps, le stagiaire sera chargé de faire une recherche bibliographique sur les guides d'ondes de surface. Ensuite, il devra optimiser les structures à l'aide de logiciels commerciaux (HFSS, CST) en vue d'une fabrication future en technologie textile (broderie, enduction, et tricot) au laboratoire GEMTEX de l'Ecole Nationale Supérieure des Arts et Industries Textiles (ENSAIT) de Roubaix dans le cadre d'un partenariat avec l'IEMN.

#### Abstract (anglais).

## Sujet de stage Master M2 - Ingénieur : année 2017-2018

Proposé par : Ludovic BURGNIES et Éric LHEURETTE

Tél. : 03 20 19 79 03

E-mail : ludovic.burgnies@iemn.univ-lille1.fr  
eric.lheurette@iemn.univ-lille1.fr

Groupe de recherche : DOME

### Titre :

Coefficient de qualité des absorbants à base de métamatériaux désordonnés

### Résumé (français)

Initialement envisagés pour des applications militaires telle que la furtivité, les absorbants électromagnétiques se sont aussi développés pour des applications civiles et scientifiques (blindage EM, réduction de l'empreinte RADAR, amélioration de photodétecteurs,...). Suivant les fréquences d'absorption visées, différentes technologies ont été développées. En particulier, divers absorbants s'inspirant des métamatériaux ont pris la forme d'un réseau de résonateurs diélectriques ou de patches métalliques sur substrat métallisé. La condition d'absorption optimale ( $A = 1$ ) est généralement analysée en termes d'adaptation d'impédance. Cependant, l'étude du coefficient de qualité des résonateurs permet d'améliorer l'approche physique en décomposant le phénomène d'absorption en deux coefficients de qualité. Le premier ( $Q_{\text{radiatif}}$ ) est lié au couplage des résonateurs avec l'onde incidente, et le second est lié aux pertes dans le matériau diélectrique. De plus, une étude de l'absorption en fonction de la période du réseau fait apparaître une limite inférieure de la valeur de  $Q_{\text{radiatif}}$  à l'origine d'une limitation de la largeur de bande absorbée. Enfin, le désordre du réseau peut être envisagé pour élargir la bande d'absorption. Dans ce cas aussi, des études montrent une limitation de l'élargissement de la bande mais son origine physique est encore mal expliquée.

Le stage a pour objectif d'étudier l'origine de la limitation de la largeur de bande absorbée des absorbants désordonnés par l'intermédiaire de l'étude du coefficient de qualité radiatif. Après une courte période de recherche bibliographique et de prise en main des logiciels de simulation, le stagiaire étudiera par la simulation un absorbant formé par un réseau de résonateurs. Ensuite, les études du coefficient de qualité porteront sur un réseau comportant un ensemble de 2 à 3 résonateurs couplés avec l'objectif de mettre en évidence un lien entre le  $Q_{\text{radiatif}}$  des résonateurs et la largeur de bande absorbée. Enfin, le concept sera appliqué à un ensemble de résonateurs désordonnés. Toutes les études seront menées sur des logiciels de simulation commerciaux (HFSS, CST,...). Suivant les résultats obtenus, une vérification expérimentale pourra être envisagée.

### Abstract (anglais).

## Sujet de stage Master M2 - Ingénieur : année 2017-2018

Proposé par : **Yan Pennec/Vincent Thomy**

Tél. : 03 20 43 68 07

E-mail : [yan.pennec@univ-lille1.fr](mailto:yan.pennec@univ-lille1.fr) / [vincent.thomy@univ-lille1.fr](mailto:vincent.thomy@univ-lille1.fr) Groupe de recherche : EPHONI/BIOMEMS

### Title : Nanostructuration des membranes et fibres photoniques pour le textile

Résumé : Les cristaux photoniques sont des structures artificielles présentant une modulation périodique de leur indice de réfraction. De même, les cristaux phononiques dont les propriétés d'élasticité sont modulées périodiquement dans l'espace permettent de manipuler les ondes acoustiques. Beaucoup d'études ont été consacrées au confinement et à la manipulation de la lumière et du son à l'échelle de la longueur d'onde de manière indépendante. Cependant, très peu d'études ont porté sur la localisation simultanée des phonons et photons afin d'accroître leur interaction dans des structures submicroniques et envisager des applications nouvelles. L'objectif du stage est de modéliser des structures artificielles nanométriques dites phoXoniques, c'est-à-dire à la fois phononique et photonique, dans lesquelles il est possible d'accroître notablement l'interaction photons-phonons dans des cavités et des guides à modes lents. Plus particulièrement, l'attention du travail portera sur de la propagation par transfert des phonons créés à travers des guides ou par couplage entre cavités optomécaniques. Le travail s'appuiera sur l'utilisation d'outils de simulation, notamment par la méthode des éléments finis, pour imaginer les structures les plus adaptées permettant de répondre à cet objectif. Ce sujet entre dans le cadre du projet européen 'PHENOMEN' H2020 et se fera en étroite collaboration avec nos partenaires responsables des études expérimentales.

Abstract: Photonic crystals are artificial structures with periodic modulation of their refractive index. Similarly, phononic crystals whose elasticity properties are modulated periodically in space can manipulate acoustic waves. Many studies have been devoted to the confinement and manipulation of light and sound at the wavelength scale independently. However, very few studies have focused on the simultaneous localization of phonons and photons in order to increase their interaction in submicron structures and to envisage new applications in the telecommunication domain.

The aim of the internship is to model so-called phoXonic nanoscale artificial structures, which present both phononic and photonic properties, and where it is possible to significantly increase the photon-phonon interaction in cavities and slow guiding modes. More specifically, the attention of the work will be on transfer propagation of phonons created through guides or by coupling between optomechanical cavities. The work will rely on the use of simulation tools, in particular by the finite element method, to imagine the most suitable structures to meet this objective. This subject is part of the European project 'PHENOMEN' H2020 and will be done in close collaboration with our partners responsible for experimental studies.

## Sujet de stage Master M2 - Ingénieur : année 2017-2018

Proposé par : **Yan Pennec/Vincent Thomy**

Tél. : 03 20 43 68 07

E-mail : [yan.pennec@univ-lille1.fr](mailto:yan.pennec@univ-lille1.fr) / [vincent.thomy@univ-lille1.fr](mailto:vincent.thomy@univ-lille1.fr) Groupe de recherche : EPHONI/BIOMEMS

### Title : Nanostructuration des membranes et fibres photoniques pour le textile

Résumé: Nous nous intéressons à une nouvelle génération de textiles capables de réguler dynamiquement la température à partir de sa nature physique et de sa structuration intrinsèque. Le but est de contrôler le confort thermique des textiles lorsque celui-ci est soumis à des stimuli externes. Le confort thermique est relié à l'espace situé entre la peau et le textile, appelé microclimat. Celui-ci peut être fortement dégradé si un état d'équilibre entre la température et l'humidité (e.g. transpiration) n'est pas maintenu. Le but est de comprendre et de contrôler l'équilibre et le confort thermique du microclimat par l'adaptation dynamique des propriétés optiques du textile dans son environnement.

Le travail consistera à étudier l'interaction des ondes électromagnétiques avec une membrane/fibre textile photonique nanostructurée dans le domaine MIR (5-15 $\mu$ m), correspondant au rayonnement du corps humain. Les cristaux photoniques sont des structures artificielles présentant une modulation périodique de leur indice de réfraction permettant le contrôle de la propagation des ondes électromagnétiques à l'échelle de la longueur d'onde. Une étude théorique, par éléments finis, et expérimentale, par FTIR, de la géométrie de la fibre/membrane et de son environnement sera menée vis-à-vis des propriétés de dispersion, de transmission, d'absorption et de réflexion. Ces travaux rentrent dans le cadre du projet Européen Interreg 'PhotoTex' (2018-2022).

Abstract: We are interested in a new generation of textiles able to dynamically regulate temperature from its physical nature and its intrinsic structure. The goal is to control the thermal comfort of textiles when it is subjected to external stimuli. Thermal comfort is connected to the space between the skin and the textile, called microclimate. This latter can be strongly degraded if the equilibrium between temperature and humidity is not maintained. The goal is to understand and control the balance and the thermal comfort of the microclimate by the dynamic adaptation of the optical properties of the textile in its environment.

The work will consist of studying the interaction of electromagnetic waves of a nanostructured photonic textile membrane / fiber in the MIR domain (5-15 $\mu$ m), corresponding to the radiation of the human body. Photonic crystals are artificial structures with a periodic modulation of their refractive index to control the propagation of electromagnetic waves at the wavelength scale. A finite element (FEM) and experimental FTIR study of the geometry of the fiber / membrane and its environment will be conducted with respect to the properties of dispersion, transmission, absorption and reflection. This work is part of the European Interreg 'PhotoTex' project (2018-2022)

## Sujet de stage Master M2 - Ingénieur : année 2017-2018

Proposé par : Éric LHEURETTE / Yan PENNEC

Tél. : 03 20 19 79 03

E-mail : [eric.lheurette@iemn.univ-lille1.fr](mailto:eric.lheurette@iemn.univ-lille1.fr)  
[yan.pennec@univ-lille1.fr](mailto:yan.pennec@univ-lille1.fr)

Groupe de recherche : DOME

### Titre :

Réalisation de métamatériaux désordonnés pour le domaine infrarouge

### Résumé (français)

Proposé à l'aube du 21<sup>ème</sup> siècle, le concept de métamatériau est désormais incontournable dans plusieurs domaines de la physique. Il repose sur le contrôle de la propagation des ondes (électromagnétiques ou acoustiques) au moyen de structures dont les dimensions caractéristiques sont très inférieures à la longueur d'onde. Parallèlement, le couplage d'ondes électromagnétiques et acoustiques dans une même plateforme a été démontré, donnant naissance à une nouvelle classe de matériaux, les cristaux phoxoniques. Ces matériaux présentent simultanément les propriétés des cristaux photoniques et phononiques. La plupart des métamatériaux photoniques, phononiques ou phoxoniques, utilisent des structures périodiques et seules quelques études font état de l'effet du désordre. Or, l'intérêt des structures désordonnées pour le codage sous-longueur d'onde de l'information a été démontré récemment par deux articles publiés dans les domaines de l'optique et de l'acoustique.

Le travail proposé fait l'objet d'une collaboration entre les groupes DOME et EPHONI de l'IEMN qui vise à étudier le couplage photon-phonon au sein d'un métamatériau désordonné. Pour ce stage, nous nous focalisons sur le domaine optique. Sur la base de simulations menées à l'aide du logiciel *CST microwave studio*, le stagiaire aura en charge la fabrication de structures à l'échelle nanométrique dans la salle blanche de l'IEMN et sa caractérisation par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR).

### Abstract (anglais).

Introduced at the beginning of the 21<sup>st</sup> century, the metamaterial concept became essential in many of domains of wave science. Metamaterials are sub-wavelength structures allowing the control of electromagnetic or acoustic wave propagation. At the same time the possibility to couple electromagnetic and acoustic waves in a common platform has been demonstrated giving rise to a new class of materials called phoxonic crystals. These materials combine the properties of photonic and phononic crystals. Most of the photonic, phononic or phoxonic metamaterials are based on periodic arrangement of elementary patterns and the use of random structures remains marginal. However the advantage of random structures for sub-wavelength coding of information has been demonstrated in two recent publications regarding electromagnetic and acoustic domains.

The proposed work is a collaboration involving DOME and EPHONI groups of IEMN which aims at studying the coupling between photons and phonons in a random metamaterial. For this internship we will focus on optics. Starting from numerical simulations performed with *CST microwave studio*, the trainee will be in charge of the nanoscale fabrication of random structures in the cleanroom environment of IEMN and of its characterization by means of infrared Fourier transform spectroscopy (FTIR).

## Sujet de stage Master M2 - Ingénieur : année 2017-2018

Proposé par : Yan PENNEC / Éric LHEURETTE

Tél. : 03 20 43 68 07

E-mail : yan.pennec@univ-lille1.fr

Groupe de recherche : EPHONI

eric.lheurette@iemn.univ-lille1.fr

### Titre :

## Étude du désordre dans des Métasurfaces Phononiques et Photoniques

### Résumé (français)

L'étude des ondes optiques et acoustiques dans les milieux photoniques et phononiques complexes a considérablement évolué au cours de la dernière décennie. Récemment, l'intérêt de la communauté s'est tourné vers une catégorie de matériaux pour lesquels, à des fréquences spécifiques, les métamatériaux optiques et acoustiques ont des propriétés physiques inhabituelles. À ces fréquences, la longueur d'onde dans la structure est de plusieurs ordres de grandeur supérieur à la périodicité du système. Parallèlement, le couplage de phonons et de photons dans une même plateforme a été démontré, donnant naissance à une nouvelle classe de matériaux, les cristaux phoxoniques. Ces matériaux présentent simultanément les propriétés des cristaux phononiques et photoniques. Dans la plupart des matériaux étudiés précédemment, les propriétés physiques ont été réalisées dans le cadre de structures périodiques et seules quelques études font état de l'effet du désordre.

Le sujet du stage est d'étudier numériquement par FEM le rôle du désordre sur la propagation photonique et phononique dans une métasurface à la fois optique et acoustique et d'utiliser les propriétés du désordre pour améliorer le couplage optomécanique. Le résultat de l'étude permet une représentation optique et acoustique de la métasurface par la signature complexe en champ lointain de motifs aperiodiques et aléatoires. Cette étude pourra être appliquée pour le codage sub-longueur d'onde de l'information.

### Abstract (anglais).

The study of optical and acoustic waves in complex photonic and phononic media has evolved considerably over the last decade. Recently, the interest of the community has turned to a category of materials for which, at specific frequencies, optical and acoustic metamaterials have unusual physical properties. At these frequencies, the wavelength in the structure is several orders of magnitude greater than the periodicity of the system. In parallel, the coupling of phonons and photons in the same platform has been demonstrated, giving birth to a new class of materials, known as phoxonic crystals. These materials simultaneously exhibit the properties of phononic and photonic crystals. In most of the materials studied previously, the physical properties have been realized in the framework of periodic structures and only a few studies report the effect of the disorder.

The subject of the internship is to study numerically using FEM the role of disorder on photonic and phononic propagation in both optical and acoustic metasurface and to use the properties of disorder to improve optomechanical coupling. The result of the study allows an optical and acoustic representation of the metasurface by the complex signature in the far field of aperiodic and random motifs. This study can be applied for the sub-wavelength coding of information.

# Sujet de master recherche proposé à la rentrée 2018 (MNT)

**Proposé par : Yan Pennec / Bahram Djafari Rouhani**

**Tél. : +33 (0)3 2043 6807**

**E-mail : yan.pennec@univ-lille1.fr**

**Groupes de recherche : EPHONI**

**Nature d'activité : Théorie, modélisation**

**Discipline : Physique des nanostructures**

**Intitulé du sujet : Génération et Propagation des Phonons dans les Cristaux phoXoniques**

## **Description du sujet**

Les cristaux photoniques sont des structures artificielles présentant une modulation périodique de leur indice de réfraction. De même, les cristaux phononiques dont les propriétés d'élasticité sont modulées périodiquement dans l'espace permettent de manipuler les ondes acoustiques. Beaucoup d'études ont été consacrées au confinement et à la manipulation de la lumière et du son à l'échelle de la longueur d'onde de manière indépendante. Cependant, très peu d'études ont porté sur la localisation simultanée des phonons et photons afin d'accroître leur interaction dans des structures submicroniques et envisager des applications nouvelles.

L'objectif du stage est de modéliser des structures artificielles nanométriques dites phoXoniques, c'est-à-dire à la fois phononique et photonique, dans lesquelles il est possible d'accroître notablement l'interaction photons-phonons dans des cavités et des guides à modes lents. Plus particulièrement, l'attention du travail portera sur de la propagation par transfert des phonons créés à travers des guides ou par couplage entre cavités optomécaniques. Le travail s'appuiera sur l'utilisation d'outils de simulation, notamment par la méthode des éléments finis, pour imaginer les structures les plus adaptées permettant de répondre à cet objectif. Ce sujet entre dans le cadre du projet européen 'PHENOMEN' H2020 et se fera en étroite collaboration avec nos partenaires responsables des études expérimentales.

## **Abstract**

Photonic crystals are artificial structures with periodic modulation of their refractive index. Similarly, phononic crystals whose elasticity properties are modulated periodically in space can manipulate acoustic waves. Many studies have been devoted to the confinement and manipulation of light and sound at the wavelength scale independently. However, very few studies have focused on the simultaneous localization of phonons and photons in order to increase their interaction in submicron structures and to envisage new applications in the telecommunication domain.

The aim of the internship is to model so-called phoXonic nanoscale artificial structures, which present both phononic and photonic properties, and where it is possible to significantly increase the photon-phonon interaction in cavities and slow guiding modes. More specifically, the attention of the work will be on transfer propagation of phonons created through guides or by coupling between optomechanical cavities. The work will rely on the use of simulation tools, in particular by the finite element method, to imagine the most suitable structures to meet this objective. This subject is part of the European project 'PHENOMEN' H2020 and will be done in close collaboration with our partners responsible for experimental studies.

# Sujet de master recherche proposé à la rentrée 2018 (MNT)

**Proposé par : Yan Pennec / Eric Lheurette**

**Tél. : +33 (0)3 2043 6807**

**E-mail : yan.pennec@univ-lille1.fr / eric.lheurette@univ-lille1.fr**

**Groupes de recherche : EPHONI / DOME**

**Nature d'activité : Théorie, modélisation**

**Discipline : Physique des nanostructures**

**Intitulé du sujet : Etude du désordre dans des Métasurfaces Phononiques et Photoniques**

## **Description du sujet**

L'étude des ondes optiques et acoustiques dans les milieux photoniques et phononiques complexes a considérablement évolué au cours de la dernière décennie. Récemment, l'intérêt de la communauté s'est tourné vers une catégorie de matériaux pour lesquels, à des fréquences spécifiques, les métamatériaux optiques et acoustiques ont des propriétés physiques inhabituelles. À ces fréquences, la longueur d'onde dans la structure est de plusieurs ordres de grandeur supérieur à la périodicité du système. Parallèlement, le couplage de phonons et de photons dans une même plateforme a été démontré, donnant naissance à une nouvelle classe de matériaux, les cristaux phoxoniques. Ces matériaux présentent simultanément les propriétés des cristaux phononiques et photoniques. Dans la plupart des matériaux étudiés précédemment, les propriétés physiques ont été réalisées dans le cadre de structures périodiques et seules quelques études font état de l'effet du désordre.

Le sujet du stage est d'étudier numériquement par FEM le rôle du désordre sur la propagation photonique et phononique dans une métasurface à la fois optique et acoustique et d'utiliser les propriétés du désordre pour améliorer le couplage optomécanique. Le résultat de l'étude permet une représentation optique et acoustique de la métasurface par la signature complexe en champ lointain de motifs aperiodiques et aléatoires. Cette étude pourra être appliquée pour le codage sub-longueur d'onde de l'information.

## **Abstract**

The study of optical and acoustic waves in complex photonic and phononic media has evolved considerably over the last decade. Recently, the interest of the community has turned to a category of materials for which, at specific frequencies, optical and acoustic metamaterials have unusual physical properties. At these frequencies, the wavelength in the structure is several orders of magnitude greater than the periodicity of the system. In parallel, the coupling of phonons and photons in the same platform has been demonstrated, giving birth to a new class of materials, known as phoxonic crystals. These materials simultaneously exhibit the properties of phononic and photonic crystals. In most of the materials studied previously, the physical properties have been realized in the framework of periodic structures and only a few studies report the effect of the disorder.

The subject of the internship is to study numerically using FEM the role of disorder on photonic and phononic propagation in both optical and acoustic metasurface and to use the properties of disorder to improve optomechanical coupling. The result of the study allows an optical and acoustic representation of the metasurface by the complex signature in the far field of aperiodic and random motifs. This study can be applied for the sub-wavelength coding of information.

## Sujet de stage Master M2 - Ingénieur : année 2017-2018

Proposé par : Yannick Coffinier

Tél. : 0320197987

E-mail : [yannick.coffinier@univ-lille1.fr](mailto:yannick.coffinier@univ-lille1.fr)

Groupe de recherche : Nanobiointerfaces

### Title : Détection de composés organiques volatiles par micro-résonateur optique (Mid-IR)

**Résumé (français)** Ce stage de master vise à développer un capteur optique intégré innovant utilisant la spectroscopie dans le moyen infrarouge pour détecter des composés organiques volatils (COVs). En effet, les COVs présentent des bandes d'absorption importantes dans cette gamme de longueurs d'onde. Ces capteurs seront fabriqués à partir de couches en silicium poreux (PSi) afin de bénéficier des pores ouverts permettant une détection en volume pour obtenir une très faible limite de détection. Afin d'assurer une détection sélective des COVs, deux types de fonctionnalisation du PSi seront considérés: une approche inorganique, utilisant des particules d'oxyde de métal alors que la seconde approche utilisera des monocouches organiques auto-assemblées (SAM). Ainsi, le projet consistera en la conception, la fonctionnalisation de surface, la réalisation technologique et la caractérisation optique de ces capteurs. Ce capteur optique pourra être utilisé pour développer des dispositifs d'analyse d'haleine en médecine prédictive de type "point-of-care". En fonction des résultats obtenus et des capacités du stagiaire à mener à bien ce projet de recherche, une thèse sera proposée dans le cadre du projet ANR MID-VOC.

Ce stage se fera au sein du groupe NanoBioInterfaces (IEMN) en collaboration avec le laboratoire FOTON de l'Université de Rennes et le groupe BioMEMS de l'IEMN.

**Abstract (english)** This master internship aims to develop highly innovative sensors based on Mid infrared spectroscopy to detect volatile organic compounds (VOCs). VOCs have significant absorption bands in this wavelength range. These sensors will be made from porous silicon (PSi) layers to take advantage of open pores for volume detection to obtain a very low detection limit. In order to ensure selective detection of VOCs, two types of PSi functionalization will be considered: an inorganic approach, using metal oxide particles, while the second approach will use self-assembled organic monolayers (SAMs). The project will thus consist of the design, surface functionalization, technological development and optical characterization of these sensors. This optical sensor can be used to develop point-of-care breath analysis devices in predictive medicine. Depending on the results obtained and the trainee's ability to carry out this research project, a thesis will be proposed within the framework of the ANR MID-VOC project.

This internship will take place within the NanoBioInterfaces group (IEMN) in collaboration with the FOTON laboratory at the University of Rennes and the BioMEMS group at IEMN.

## Sujet de stage Master M2 - Ingénieur : année 2017-2018

Proposé par : Fabien Alibart

Tél. : 7932

E-mail : [fabien.alibart@iemn.univ-lille1.fr](mailto:fabien.alibart@iemn.univ-lille1.fr)

Groupe de recherche : NCM

**Title : Composants neuromorphiques pour le développement de réseaux de neurones artificiels**

### Résumé (français)

L'électronique neuromorphique a suscité un intérêt important ces dernières années. En effet, stimulée par les récents succès en « machine learning » comme illustré par la victoire de l'IA face à un joueur humain au jeu de Go ou encore par la reconnaissance d'images, une révolution de l'électronique moderne semble se dessiner. Si de tels systèmes de réseaux de neurones statiques sont déjà attendus, une rupture importante est attendue à partir des réseaux de neurones dynamiques (codage impulsif) ayant la possibilité de réaliser un apprentissage embarqué. Ce stage de recherche propose le développement de tels systèmes, avec notamment un intérêt particulier qui sera porté sur la réalisation et l'intégration de composant mémoires résistif pour l'implémentation des fonctions d'apprentissage synaptiques. Le candidat retenu sera en charge de la fabrication et de la caractérisation des composants mémoire en salle blanche (plateforme de microfabrication à l'IEMN) et de leur caractérisation fonctionnelle. Une interaction importante avec le LN2 de Sherbrooke - Canada - est prévue pour l'intégration en « back end of line » des composants. Soutenu par l'ERC-IONOS, ce projet donnera lieu à une proposition de thèse conditionnée par les résultats atteints durant ce stage de recherche.

### Abstract (anglais).

Neuromorphic engineering has experienced a regain of interest in these recent years. Based on successes in machine learning demonstrating advanced computing tasks such as Go game mastering or image recognition, a revolution of modern electronics can be foreseen. While static artificial neural networks are already developed at the pre-industrial level, a real breakthrough that is expected in the coming decades would be to implement dynamical neural network (*i.e.* spike based) with embedded learning capability. Based on resistive memory technologies, this research program will target the realization of synaptic-like memory devices with ultra low power and footprints for spike-based learning and their integration with silicon-based neural blocks. The candidate will be in charge of the device fabrication and characterization in the state of the art cleanroom of IEMN and of the demonstration of learning strategies to be implemented. Strong interaction with the LN2 laboratory (Sherbrooke – Canada) are already foreseen for back end of line integration of memory devices with CMOS circuits. This project is supported by the recent ERC-IONOS grant and will be followed by a proposition of PhD based on student achievements and research skills demonstration.

## Sujet de stage Master M2 - Ingénieur : année 2017-2018

Proposé par : Fabien Alibart et Yannick Coffinier

Tél. : 7987

E-mail : [fabien.alibart@iemn.univ-lille1.fr](mailto:fabien.alibart@iemn.univ-lille1.fr) [yannick.coffinier@univ-lille1.fr](mailto:yannick.coffinier@univ-lille1.fr)

Groupe de recherche : NBCI

### Title : Développement de composants neuromorphiques pour les interfaces neurones vivants / neurones artificielles

#### Résumé (français)

Le développement de systèmes permettant d'interagir avec le vivant représente un enjeu majeur de notre époque. Pour atteindre ce but, de nouvelles technologies et de nouveaux concepts doivent être inventés. Nous proposons, dans ce programme de recherche, de développer des capteurs / actionneurs à base de technologies organiques permettant de stimuler / enregistrer efficacement les signaux électriques des cellules neuronales en culture *in vitro*. Plus précisément, le candidat sera en charge de la fabrication des technologies de pompes ioniques et de capteurs ioniques ainsi que de leur caractérisation et validation par mesures électriques. Ce programme de recherche est soutenu par le récent projet ERC IONOS et sera réalisé principalement à l'IEMN. Le candidat bénéficiera de l'accès à la salle blanche et aux différentes plateformes de caractérisation de l'IEMN. Une interaction avec le laboratoire JPArc pour la validation des mesures sur réseau de neurones biologiques sera également prévue. Ce stage de maîtrise donnera lieu à une proposition de thèse basée sur les résultats de l'étudiant et sur sa capacité à mener des travaux de recherche.

#### Abstract (anglais).

Communication with living systems, in particular with neural cells assembly represents a major challenge for our current century. To this end, new tools and new technologies need to be deployed to interact efficiently with living cells. We propose, in this research project, to develop organic-based sensors and actuators to record/stimulate neural cells *in vitro*. More precisely, the candidate will be in charge of developing ionic pump and ionic sensor technologies and to validate their performances for neural signal detection. This project is supported by the ERC-IONOS grant and will be realized mostly at IEMN. The candidate will benefit from state of the art cleanroom experience and access to advance characterization tools (electrical characterization, scanning probe platform,...) available at IEMN. Interaction with JPArc laboratory for neural cells culture will be also part of the research program. Extension for a PhD will be possible based on student achievements and demonstration of excellent research skills.

## Sujet de stage Master M2 - Ingénieur : année 2017-2018

Proposé par : Christophe LOYEZ / François DANNEVILLE

Tél. : 03.62.53.16.20

E-mail : Christophe.loyez@iemn.univ-lille1.fr

Groupe de recherche : CSAM/ANODE

### Titre : Etude et conception d'un système bioinspiré dédié à l'apprentissage et à la détection de codes numériques en présence de bruit

#### Résumé (français) :

Le sujet de stage s'inscrit principalement dans la thématique « Traitement neuro-inspiré de l'information » de l'IEMN et de l'IRCICA. Ce sujet concerne l'étude de l'apport du bruit dans les réseaux de neurones artificiels à spikes. L'objectif est de proposer une modélisation du bruit pouvant être utilisée en simulation pour évaluer les performances des mécanismes d'apprentissage supervisés voire non-supervisés dans les réseaux de neurones à spikes. Le candidat ou la candidate aura pour objectif de développer un modèle de bruit qui sera implémenté dans le logiciel N2S3 développé par CRISTAL. Il sera question d'étudier l'architecture de neurones permettant d'effectuer l'apprentissage de reconnaissance d'une séquence binaire (octet par exemple) et la détection de cette séquence en environnement bruyant. Cette étude s'inscrit dans la problématique de la « wake-up » radio, c'est-à-dire, comment gérer les phases de veille et d'éveil des objets connectés de manière optimale en termes de consommation énergétique et de sensibilité de détection d'informations numériques transmises. Egalement, le sujet du stage inclut l'étude de l'implémentation de l'architecture de réseau identifiée, ce en technologie silicium pour réalisation et validation expérimentale.

#### Abstract (anglais).

The main objectives of this project are to study a new bioinspired, Silicon-Based cognitive neuromorphic Integrated Circuit (IC) for energy efficient IoT. Based on a spiking Artificial Neuron Network (ANN) architecture, this ultra low power neuromorphic system will be embedded in a wireless node or a sensor, where it will be trained to achieve cognitive functions such as object recognition on digital patterns.

The scientific motivations are:

- to reach an unsurpassed record in terms of energy efficiency enabling the complete wake-up receiver to exhibit an ultra low power consumption.
- to achieve a new cognitive wake-up receiver by implementing a self-learning bioinspired process for pattern recognition in partnership with CRISTAL which has developed a specific simulator of neuromorphic systems (N2S3).

By mimicking the biology, such a cognitive system will enable to operate in extreme noisy conditions and it will be implemented using a CMOS technology for experimental validation.

## Sujet de stage Master M2 - Ingénieur : année 2017-2018

Proposé par : D. Lippens

Tél. : + 333 20 19 78 77

E-mail : didier.lippens@iemn.univ-lille1.fr

Groupe de recherche : DOME

### Title : Metasurface à gradient de Phase (GRADIENT project )

Résumé (français) : L'introduction de gradients de phase à la réflexion et/ou la transmission sur une métasurface structurée avec des dimensions très petites devant la longueur d'onde ( $d \ll \lambda$ ) modifie les propriétés d'interaction de cette surface lorsqu'elle est éclairée par une onde incidente. A titre d'exemple, il peut être démontré, à partir des lois de Snell-Descartes généralisées, qu'une onde *sous incidence normale* peut être réfractée (transmise) ou être réfléchie de façon anormale dans une autre direction que celle perpendiculaire à l'interface.

L'objectif de ce projet de master est de faire le point sur ce sujet qui connaît un développement sans précédent suite à la parution dans Science d'une lentille à saut de phase permettant de s'affranchir des effets de dispersion chromatique des lentilles conventionnelles. En partant de cet article, un travail d'analyse de la littérature se fera dans le contexte d'une collaboration de l'équipe DOME avec le groupe industriel Thales Research and Technology (TRT) situé à Palaiseau qui travaille actuellement sur les lentilles diffractives. Il sera suivi par une étude ciblant l'utilisation des métasurfaces à gradient de phase pour la réalisation d'antennes à conformation de faisceau et à balayage. Ce projet intitulé GRADIENT pour Gradient Resonant Array Devices in Electromagnetic Novel Technologies vise à préparer les évolutions technologiques nécessaires au développement des systèmes de télécommunication de 5<sup>ème</sup> génération qui fonctionnent en bande millimétrique (30-300 GHz).

Abstract (anglais). The introduction of phase gradient for micro-structured metasurfaces at a scale much shorter than the operating wavelength ( $d \ll \lambda$ ) introduces singular reflection and or transmission properties of an incident electromagnetic wave. Therefore it can be demonstrated non zero-reflection angle for an incident wave impinging under a normal direction to the surface or negative refraction explained by the generalization of the Snell–Descartes–Fresnel laws. The preliminary objective of this master training is first to analyse the literature on this subject starting from the seminal work published in Science by Capasso group. Then a synthesis of the various technological solutions that have been implemented to introduce such gradient in the transverse directions will be conducted. In a last stage of this master training a study of such metasurfaces will be performed for beam forming and scanning of radiating elements involved in the future 5<sup>th</sup> generation transmission links with point to point or multi-point access applications operating at millimetre-wave in the 30-300 GHz frequency ranges. This project entitled GRADIENT standing for Gradient Resonant Array Devices in Electromagnetic Novel Technologies was submitted for the 2018 generic Astrid project call.

Sujet stage : Croissance de matériaux 2D, et plus particulièrement du graphène, sur feuille de cuivre, et transfert sur substrat silicium

Ce stage aura pour objectif de mettre en œuvre la croissance du graphène sur feuillet de cuivre, et d'assurer par la suite son transfert sur un autre support, tel que des substrats silicium ou des substrats souples. Ce matériau bidimensionnel (2D) possède de nombreuses propriétés mécaniques et physiques intéressantes. La croissance du matériau se fera par une approche de type Chemical Vapor Deposition (CVD).

Le stage se déroulera selon le plan suivant :

- 1)- Etude bibliographique de la synthèse de graphène par la technique CVD (graphène polycristallin et cristaux de graphène)
- 2) Mise en œuvre des techniques sur un four de croissance de la marque NanoCVD se trouvant au bâtiment P3 (Pôle CNFM de Lille)
- 3)- Technique de transfert sur autre substrat par des techniques d'électrochimie ou de transfert sec.

La caractérisation des matériaux obtenus se fera par spectroscopie Raman, sur des équipements localisés au bâtiment P3 ou à l'IEMN.

Ce sujet de stage est proposé par le groupe de recherche CARBON (web : [carbon.iemn.univ-lille1.fr](http://carbon.iemn.univ-lille1.fr)), qui possède une solide expérience sur la croissance et les applications des matériaux 2D.

Contact :

- 1- Pr Henri HAPPY – Henri [.happy@iemn.univ-lille1.fr](mailto:.happy@iemn.univ-lille1.fr)
- 2- Emiliano Pallecchi – [emiliano.pallecchi@iemn.univ-lille1.fr](mailto:emiliano.pallecchi@iemn.univ-lille1.fr)

## Sujet de stage Master M2 - Ingénieur : année 2017-2018

Proposé par : Y. Coffinier et S. Arscott

Tél. : 03 20 19 79 79

E-mail : [yannick.coffinier@iri.univ-lille1.fr](mailto:yannick.coffinier@iri.univ-lille1.fr), [steve.arscott@iemn.univ-lille1.fr](mailto:steve.arscott@iemn.univ-lille1.fr) Groupe de recherche : NBI/NAM6

Title : Polymer based flexible microsystem for traumatic brain injury studies

Microsystème polymère flexible pour l'étude de traumatismes crâniens

### Résumé (français)

Les traumatismes crâniens dont peuvent souffrir les militaires victimes d'explosions ou des athlètes victimes de chocs, comme des boxeurs ou des joueurs de rugby, peuvent entraîner un dysfonctionnement neurologique majeur tel que la maladie de Parkinson ou la maladie d'Alzheimer. En effet une contrainte mécanique extérieure appliquée à un réseau de neurones conduit à des processus neuro-inflammatoires et peuvent provoquer des manifestations cliniques plusieurs années après les événements traumatiques. Comprendre comment un choc mécanique induit ce type de pathologie peut aider comprendre l'impact d'un choc traumatique sur un réseau de neurones.

Dans ce sujet de master, nous prévoyons de développer une plate-forme extensible tout polymère intégrant à la fois la microfluidique et un réseau d'électrodes polymère intégrés dédiés à la culture neuronale. Le microsystème sera déformé mimant la déformation des tissus cérébraux (élongation et compression).

### Abstract (anglais).

Trauma brain injury (TBI) is caused by a shock to the head. It is encountered in autistic children with self-injury behaviour, injured soldiers and athletes, e.g. boxers. It can result in major neurological dysfunction such as Parkinson's disease or Alzheimer's disease.

The idea of this Masters project is to develop an all-polymer based stretchable integrated system incorporating both microfluidic and embedded polymer electrode networks. The microsystem will be strained mimicking deformation of brain tissue which causes TBI. The microsystem will eventually be used for multi-purpose probing of the biological neural network such as stress response (flexible/stretchable substrate), electrical activity recording and optical measurements.

## Sujet de stage Master M2 - Ingénieur : année 2017-2018

Proposé par : Romain PERETTI

Tél. : +33 32 019 78 76

E-mail : [romain.peretti@iemn.univ-lille1.f](mailto:romain.peretti@iemn.univ-lille1.f)

Groupe de recherche : Photonique THz

### Title : **Biophotonics Metasurfaces Enhanced TeraHertz Spectroscopy**

La science et la technologie TeraHertz (THz) sont aujourd'hui en pleine croissance et donnent des résultats de la physique jusqu'à la médecine. En particulier, la spectroscopie dans le domaine temporel (Time Domain Spectroscopy, TDS) ouvre la voie à la détection et l'analyse de briques fondamentales du vivant telle que les vitamines, l'ADN, l'ARN et les protéines ; permettant de reconnaître jusqu'à leur conformation. Cependant ce domaine n'en est encore qu'à son commencement et les performances des systèmes méritent d'être améliorées. Dans ce stage de recherche, l'étudiant(e) concevra/fabriquera/utilisera des matériaux structurés à une échelle bien plus petite que la longueur d'onde : les « métasurfaces ». Ceci afin d'augmenter l'interaction lumière matière, et ainsi les performances de la spectroscopie THz TDS, ce qui permettra de mesurer plus précisément les spectres de molécules biologiques. L'étudiant(e) participera au lancement de l'activité biophotonique TeraHertz en son sein. Il est souhaitable que l'étudiant(e) possède au moins des notions dans deux des champs suivants: Simulation photonique/ Nano Fabrication/Optique expérimentale/Bon bagage mathématique

Les tâches que l'étudiant(e) effectuera dans le cadre de ce projet seront définies en amont d'un commun accord entre les encadrants et l'étudiant(e) et dépendront à la fois des capacités, des goûts du stagiaire et des besoins de l'équipe.

TeraHertz (THz) science and technology are nowadays growing fields and shown results impacting from physics and chemistry up to biology and medicine. Specifically, time domain spectroscopy (TDS) opened the path to detection sensing and analysis of most of the compounds of life, vitamin, DNA, RNA and proteins even enabling specific signature for each conformation. Still, this field has just begun and performances of system need to be improved. In this training, the student will design/elaborate/use material with subwavelength structures so called metasurfaces to enhance light matter interactions. The subsequently improved performances of the THz spectroscopic TDS system will allow more precise measurements of the targeted biomolecules.

The student will participate in the launching of a new activity: TeraHertz Biophotonics. Having of the following skills would greatly increase the chance of success of any application: Photonics simulation/Clean Room technology/Optical experiments/Good math background.

The exact task in which the student will be involved will be discussed together with him/her and the team and will depends on its capacities and taste as the needs of the team.

## Sujet de stage Master M2 - Ingénieur : année 2017-2018

Proposé par : Romain PERETTI

Tél. : +33 32 019 78 76

E-mail : romain.peretti@iemn.univ-lille1.fr

Groupe de recherche : Photonique TeraHertz

### Title : Bringing Optical traps to the TeraHertz range

**Short vidéo:** [https://youtu.be/B5\\_x22K-27w](https://youtu.be/B5_x22K-27w)

Les pièges optiques ont révolutionné depuis la physique fondamentale jusqu'à la biologie grâce aux pinces optique désormais capables de capturer des levures ou des bactéries. Cependant, il n'existe pas aujourd'hui de technologie capable de piéger, des particules diélectriques < 50 nm. Ce stage vise à exploiter les bonnes propriétés électromagnétiques des métaux dans la plage Terahertz au sein de metasurfaces plasmoniques où le mode photonique sera réduit à quelques  $\mu\text{m}$  afin de battre les records de piégeage de petits objets.

Le stage comprend une partie de simulation photonique, une partie fabrication, et la partie principale expérimentale. Compte tenu de la quantité globale de travail sur le projet, les tâches précises effectuées par le/la stagiaire seront discutées avec lui/elle et dépendront de ses goûts et capacités autant que des besoins de l'équipe.

Nous recherchons un ou une physicien/enne, ingénieur/e ou équivalent. Les compétences suivantes augmenteront les probabilités d'être choisi/e. *Optique Expérimentale – Électromagnétisme – Simulation photonique- Technologie salle blanche - Microfluidiques*

Optical traps have revolutionized, from fundamental physics to investigation tools in biology with optical tweezers, allowing trapping of yeast cells, and living bacteria. However, there is not today, any demonstration small dielectric nanoparticle. In this internship, we aim at taking the full benefit of the good electromagnetics properties of metal in the terahertz range with the aim to overcome the state of the art limitations, thus enabling on-chip OT of small objects.

The internship includes a first part dedicated to simulation of the resonator, a second part dedicated to their fabrication, a major part experiments. Considering the global amount of work, the precise tasks in which the student will be involved will be discussed together with him/her and the team and will depends on its capacities and taste as the needs of the team.

We are looking for physics or engineering master student or equivalent. Having of the following skills would greatly increase the chance of success of any application.

*Optical experiments – Electromagnetism – Photonics -Numerical simulation-  
- Clean Room technology Microfluidics-*