

Création de MINAO, laboratoire ONERA-CNRS de Micro Nano Optique



En mars 2015, le président Bruno Sainjon et Philippe Cavelier, Délégué Régional Ile de France ouest et Nord du CNRS ont signé un accord de collaboration relatif à la création d'un laboratoire commun de recherche : MINAO (Micro NAno Optique).

18 mai 2015

Photo: Laboratoire ONDA - Banc cryogénique de caractérisation électro-optique de nano-objets.

Cet accord est le fruit de dix années de travaux scientifiques communs entre nos deux organismes. Il va renforcer les échanges afin de constituer une force de proposition commune sur la thématique des nanotechnologies appliqués à l'optique et à l'optronique, sujets en développement constant.

MINAO : un projet en gestation depuis plus de 10 ans

Dès 2003, Riad Haidar du DOTA travaille sur cette problématique dans l'équipe de Jérôme Primot. Un double constat s'impose :

- Une salle blanche et des moyens technologiques spécifiques sont indispensables au DOTA pour pouvoir structurer la matière à l'échelle de quelques dizaines de nanomètres

- L'ONERA doit développer ses propres moyens de simulation numérique pour répondre à un besoin applicatif

C'est dans ce contexte qu'en 2005, le DOTA entame sa collaboration avec le LPN (laboratoire de photonique et nanostructure) du CNRS, qui travaille déjà sur le sujet et dispose d'une salle blanche de classe 1000.

On peut rendre toute matière aussi réfléchissante qu'un métal en la tissant avec une période très proche de la longueur d'onde. Ici, exaltation dipolaire dans des nanorésonateurs transparents en nitrure de silicium.

Les bénéfices sont réciproques pour nos deux organismes. Le DOTA dispose d'une solide expertise en optique ainsi que de connaissances avérées dans la recherche applicative. De son côté, le LPN bénéficie d'une expertise en nanophotonique et d'un réel savoir-faire technologique.

La collaboration débute modestement avec une personne dédiée au projet au DOTA et cinq au LPN. Une dizaine d'années plus tard, MINAO rassemble 20 personnes. Côté DOTA, c'est Riad Haidar qui pilote le projet avec l'aide de 10 doctorants et de 3 ingénieurs.

MINAO est une structure intégrée qui repose sur une vraie synergie d'hommes et de moyens entre le LPN et le DOTA. L'activité est soutenue et compte à son actif un grand nombre de publications et une dizaine de brevets, valorisés à travers plusieurs contrats, nationaux et internationaux

Les nanotechnologies pour l'optique infrarouge : une thématique qui a le vent en poupe

La collaboration entre l'ONERA et le LPN du CNRS est portée par la vague d'intérêt grandissante que la communauté scientifique porte à cette thématique.

Une conjonction de facteurs favorables explique cet engouement :

- Des publications scientifiques majeures démontrent des phénomènes physiques inattendus lorsque la matière est nanostructurée et marquent le début d'une multiplication des articles parus dans ce domaine,
- Le formalisme théorique de la discipline est en place et les développements informatiques donnent accès à des logiciels permettant de simuler les propriétés optiques des composants,
- La discipline est mature sur le plan technologique et peut s'appuyer sur les avancées réalisées par les industriels de la microélectronique.

Photographie au microscope électronique d'une nanoantenne en arséniure de gallium, et réponse électromagnétique à une longueur d'onde de 35.5microns.

L'ONERA et plus particulièrement le DOTA lancent une recherche intensive afin d'apporter rapidement des solutions techniques aux besoins des industriels qui réclament des systèmes compacts, bas coûts et embarquables.

Des moyens expérimentaux dédiés

Le DOTA se dote rapidement de moyens expérimentaux avec la création de deux laboratoires qui couvrent un large spectre de recherches allant du fondamental (ONDA) au très applicatif (VISIO).

Créé en 2007 et placé sous la responsabilité de Julien Jaeck, **le laboratoire ONDA** axe sa recherche sur des niveaux de TRL bas, alors que **le laboratoire VISIO** qui a remporté le prix de l'innovation en 2009, mûrit les technologies les plus prometteuses issues de la recherche conduite au sein de ONDA, à des fins applicatives. Cette capacité à aller d'une recherche fondamentale aux débouchés applicatifs est une des grandes richesses du laboratoire MINAO.

MINAO : une collaboration unique en son genre

La complémentarité entre le DOTA et le LPN permet à MINAO de proposer une offre très spécifique qui repose sur la complémentarité entre les deux organismes. La force du DOTA réside dans sa capacité à apporter un regard plus applicatif, alors que le LPN a une sensibilité plus fondamentale. Autant d'atouts qui permettent à MINAO de garder un coup d'avance en termes de capacité à préparer les ruptures technologiques.

L'accord qui vient d'être signé va faciliter la collaboration entre le DOTA et le LPN, et simplifier le processus de dépôt de brevets en commun. Il facilite le travail des ingénieurs au quotidien grâce à la mutualisation des compétences et des moyens. Chaque chercheur peut ainsi très librement passer du DOTA au LPN (et réciproquement !) pour travailler et utiliser les installations, en fonction des besoins de leurs projets.

A gauche, résonateurs de Helmholtz acoustiques permettant d'isoler des fréquences acoustiques, et en particulier musicales (Helmholtz, 1885). A droite, résonateurs de Helmholtz optiques capables d'isoler une longueur d'onde unique et de conduire à une concentration record du champ

De nombreux débouchés applicatifs

MINAO permet à l'ONERA d'aller avec le LPN, à la rencontre de nouveaux clients. Et les débouchés applicatifs sont nombreux !

Les applications envisageables sont à la fois civiles, militaires et duales.

On peut citer à titre d'exemples :

- **Dans les domaines de la spectro-imagerie et de l'infrarouge**, le champ des possibles est largement ouvert. L'idée : créer des matériaux artificiels dont les propriétés optiques dépendent, non seulement de leur composition chimique, mais aussi de la structuration du matériau, pour obtenir de nouvelles propriétés telles qu'une absorption signée spectralement ou plus intense, l'émission thermique, ou le filtrage de la lumière.
- L'zoom de gaz,
- L'évaluation à distance précise de température,
- Les résonateurs optiques qui permettent d'exalter un signal
- Les zooms en biologie médicale,
- Les cellules solaires pour en optimiser le rendement,
- Ou encore la cryptographie pour lutter contre l'industrie de la contrefaçon...

Détail de la mosaïque de filtres de la caméra infrarouge du projet Vitrail

Détail de la mosaïque de filtres de la caméra infrarouge du projet Vitrail

Exemple de banc au laboratoire ONDA

Exemple de banc au laboratoire ONDA

Le laboratoire ONDA a pour objet la caractérisation de composants à base de nanomatériaux ainsi que leur utilisation dans des systèmes démonstrateurs de leurs performances (caméras, sources, détecteurs ...). Pour ce faire, depuis sa création en 2010 y ont été développés différents bancs de test métrologique pour caractériser ces objets : mesure de la transmission ou réflexion spectrale, entre $1\mu\text{m}$ et $120\mu\text{m}$, résolue angulairement et spatialement; propriété optoélectronique de diodes présentant des nano-antennes. De plus ces nano composants sont également intégrés dans des démonstrateurs pour tester ces performances dans des conditions proches de leurs utilisations finales (caméra Vitrail par exemple). Par nature ces activités à la fois tournées vers l'amont et l'applicatif ont ouvert la voie à de nombreuses collaborations, avec des laboratoires de recherche (CNRS/LPN, IOGS, CEA/LETI, Thales R&T) mais également d'industriels (Sofradir, Ulis, Fastlite).

Ces liens ont été reconnus au niveau du département via deux financements ASTRE en 2009 et 2011 (Conseil Général de l'Essonne) et également au sein du campus Paris Saclay (labex Palm et Nano-Saclay).

Le laboratoire VISIO

En Octobre 2007, grâce au financement du Conseil Général de l'Essonne et avec le soutien de la Délégation Générale pour l'Armement, le Département Optique Théorique et Appliquée de l'ONERA inaugurait VISIO, dont l'acronyme révèle parfaitement l'objectif visé : valorisation de l'innovation en systèmes intégrés optroniques.

Plus que la simple fédération de moyens expérimentaux et de bancs d'étude, VISIO est surtout une démarche. Objectif : mettre à la disposition des PME/PMI innovantes en optique des outils et une expertise d'un accès habituellement difficile et coûteux, et qui sont pourtant indispensables à la conception d'un nouveau dispositif. Une autre facette de VISIO consiste à identifier les concepts étudiés au laboratoire et à fort potentiel de valorisation, pour les accompagner jusqu'à un niveau élevé de maturité technologique (en anglais, TRL pour technological readiness level). Ceci peut, en toute logique, déboucher sur la création d'une start-up. Dans ce cas, la démarche VISIO s'apparente à la technique du marcottage bien connue des botanistes : permettre à la start-up de développer ses racines dans un terreau favorable (soutien matériel et scientifique, aide aux développements théoriques, réalisation et tests des premiers prototypes), acquérir progressivement son autonomie, puis s'émanciper.

VISIO s'inscrit donc dans une démarche globale d'innovation et de valorisation – avec un certain succès, puisqu'en 2008 il y a eu un transfert à la société Phasics d'un produit désormais au catalogue : le Kaleo IR. Les recherches actuelles explorent le potentiel des nanotechnologies dans un cadre de collaboration fertile avec l'ensemble NanoInnov du Plateau de Saclay (le futur centre de technologie C2N et l'Institut d'Optique, notamment). Une étude est en cours pour valoriser, via la création d'une start-up, le vitrail infrarouge, un concept matriciel de filtres basés sur des résonances de plasmons dans des nanostructures métalliques, réalisé et étudié en collaboration avec le CNRS/LPN. D'autres structures, exploitant les mêmes phénomènes physiques et assurant des fonctions innovantes, sont actuellement à l'étude par de jeunes doctorants et post-doctorants qui, séduits par la démarche VISIO, ont rejoint les équipes.

Cette démarche a été récompensée le 1er décembre 2009 par le Trophée INPI Ile-de-France.

Cet article a été réalisé en collaboration avec

Grégory Vincent, ingénieur au DOTA/CIO

Riad Haïdar, chef de l'unité CIO du DOTA