



HAL
open science

La photonique en région Grand Est

Marc Sciamanna, Sylvain Lecler

► **To cite this version:**

Marc Sciamanna, Sylvain Lecler. La photonique en région Grand Est. Photoniques, 2023, 121, pp.21-26. 10.1051/photon/202312121 . hal-04180383

HAL Id: hal-04180383

<https://hal.science/hal-04180383>

Submitted on 11 Aug 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La photonique en région Grand Est



Château du Falkenstein, commune de Philippsbourg, département de la Moselle en région Grand Est

La région Grand Est a été le berceau de plusieurs découvertes majeures de la photonique, notamment la fabrication et la caractérisation des matériaux optiques non-linéaires, les applications industrielles de l'holographie ou encore le développement de la nano-optique. Forte de cette histoire et de sa position stratégique européenne, la région Grand Est s'inscrit demain dans la création de l'Institut de la Photonique, sous la forme d'un consortium large d'acteurs publics et privés en France et au Luxembourg animé depuis un bâtiment principal à Metz.

<https://doi.org/10.1051/photon/202312020>

Article publié en accès libre sous les conditions définies par la licence Creative Commons Attribution License CC-BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), qui autorise sans restrictions l'utilisation, la diffusion, et la reproduction sur quelque support que ce soit, sous réserve de citation correcte de la publication originale.

Marc SCIAMANNA^{1,*}, Sylvain LECLER²

¹CentraleSupélec, Chaire Photonique, LMOFS, Metz, France

²INSA Strasbourg, ICube, Strasbourg, France

*marc.sciamanna@centralesupelec.fr

La « région Grand Est » est la dénomination adoptée en 2016 pour la fusion des régions Lorraine, Champagne-Ardenne et Alsace. Avec plus de 5,5 millions d'habitants, elle est la sixième région la plus peuplée de France. Son chef-lieu est Strasbourg, et les commissions permanentes du conseil régional se tiennent à Metz, troisième ville la plus peuplée de la Région Grand Est et ancienne capitale du royaume d'Austrasie. Sa position stratégique au cœur de l'Europe, bordée par la Belgique et le Luxembourg au Nord, l'Allemagne à l'Est et la Suisse au Sud, en fait un carrefour essentiel de l'activité économique française avec notamment la présence des grandes entreprises Stellantis, premier site industriel de la région avec plus de 11000 salariés, mais aussi Arcelor-Mittal qui possède à Maizières-lès-Metz en Moselle le plus grand centre de recherche européen dans les matériaux innovants, ou encore SOVAB et Schaeffler. Avec une forte tradition dans l'industrie lourde avec les filières automobiles et ferroviaires, ou encore dans les métiers d'art avec la cristallerie de Saint-Louis, Baccarat, ou encore Lalique, la région Grand Est a su également se tourner vers l'avenir et les transitions énergétiques, numériques et environnementales. Plusieurs actions de structuration regroupant établissements d'enseignement supérieur, entreprises et pouvoirs publics ont ainsi vu le jour, en cohérence avec la dynamique engagée par les pôles de compétitivité Materalial (matériaux), BioValley (santé et biologie) ou encore Hydreos (eau). Nous pouvons citer par exemple dans le domaine de l'intelligence artificielle pour l'industrie 4.0, le campus des métiers et des qualifications d'excellence CAMEX-IA basé à Metz; dans le domaine des biotechnologies, le centre européen de bio économie à Pomacle-Bazoncourt en Champagne-Ardenne; ou encore, dans le domaine de l'informatique quantique, le centre européen de technologies quantiques basé à Strasbourg. C'est dans ce contexte d'une région Grand Est tournée vers l'avenir, et forte de sa position européenne, que s'est décidée en 2022 la création du premier « Institut de Photonique » avec des missions transverses d'animation de filière, de promotion et valorisation, de formation et d'innovation en photonique - science et technologies utilisant la lumière (voir encart).

La région Grand Est : une référence de la recherche, de l'industrie et de la formation en photonique depuis 50 ans

L'histoire de la photonique s'inscrit en Région Grand Est dès les années 1980s. Au milieu des années 1980s, le Centre Lorrain d'Optique et d'Electronique des Solides (CLOES) à Metz en Lorraine réalise sous l'impulsion de son directeur Prof. Constantin Carabatos parmi les premières études des propriétés électroniques et optiques des matériaux KNbO_3 et LiNbO_3 [1] qui ont permis le développement des modulateurs électro-optiques pour les télécommunications. Devenu ensuite Laboratoire Matériaux Optiques, Photonique et Systèmes (LMOPS) en 2000 et intégré depuis 1985 sur le nouvellement construit campus de Metz de CentraleSupélec, le laboratoire a également établi une reconnaissance internationale sur l'étude de la dynamique non-linéaire spatio-temporelle des systèmes optiques avec des avancées majeures sur les solitons spatiaux photoréfractifs dans les années 1990s [2] et le chaos optique dans les années 2000s [3]. Les interactions de solitons permettent de réaliser des guides d'onde reconfigurables et le chaos optique est aujourd'hui exploité pour améliorer la résolution des LIDARs et pour la cryptographie. En 2016, CentraleSupélec installe au sein du LMOPS la « Chaire Photonique », la première chaire de photonique en France. La Chaire Photonique porte le projet de création du premier Institut de Photonique en France, sous la forme d'un consortium large d'acteurs publics et privés de la photonique en région Grand Est. Découvert en 1947, avant même l'invention du laser, le principe de l'holographie se traduit dans les années 1980s en France par des applications industrielles portées par l'Institut Franco-Allemand Saint-Louis (ISL) en Alsace. Né en 1958 à l'initiative de la France et de l'Allemagne, l'ISL développe alors sous l'impulsion de Paul Smigielski l'utilisation de l'holographie interférométrique [4] pour détecter les très faibles déplacements d'objets, et réalise les premières séquences de cinéma holographique. En 1986, Paul Smigielski crée Holo3 qui développe à Saint-Louis la métrologie optique et s'installe également à Illkirch pour y créer une entité dédiée à la réalité virtuelle. A l'Université Louis Pasteur de Strasbourg, aujourd'hui Université de Strasbourg, Patrick Meyrueis (SPIE Award President 2023) alors nommé professeur assistant crée en 1981 la première équipe de recherche en photonique et donne naissance en 1987 au premier laboratoire des systèmes photoniques (LSP) devenu partie intégrante d'ICube en 2013 (laboratoire des sciences de l'ingénieur, de l'informatique et de l'imagerie). Spécialiste de l'holographie et de l'optique diffractive, il installe à Strasbourg la première conférence internationale sur l'holographie en 1978 et jouera un rôle essentiel dans l'installation à Strasbourg du 2^e plus grand congrès européen de Photonique, SPIE



Laboratoire d'interférométrie optique, d'holographie et d'imagerie optique (bunker) constitué d'un bloc de béton de plusieurs centaines de tonnes reposant sur 64 ressorts et amortisseurs (ICube, Université de Strasbourg et CNRS).

Photonics Europe. En 1987 naît par ailleurs à Strasbourg l'IPCMS (Institut de Physique et Chimie des Matériaux de Strasbourg) de la fusion de plusieurs laboratoires actifs en physique du solide. Très rapidement, une équipe dédiée à l'optique ultra-rapide se crée, notamment avec l'appui de Jean-Yves Bigot, revenu depuis peu de son séjour aux Bell-Labs, U.S.A. Dans les années 1990s ●●●

**Votre partenaire pour
l'optique de précision et
pour vos systèmes optiques.**

SPECTROS SA 4107 Ettingen Suisse Tel.+41 61 726 20 20

**HAAG-STREIT
SPECTROS**

www.spectros.ch Look closer. See further.

jusqu'à aujourd'hui, le laboratoire développe de nombreuses recherches sur l'utilisation de lasers ultra-rapides, générant des impulsions courtes de quelques femtosecondes, pour modifier l'aimantation de matériaux minces ferromagnétiques [5]. Cette activité sur l'optique ultra-rapide est par ailleurs en résonance avec les recherches menées depuis les années 2000s sur le retournement d'aimantation par lasers ultra-rapides au Laboratoire de Physique des Matériaux devenu depuis Institut Jean Lamour (Université de Lorraine et CNRS) à Nancy. Le contrôle de l'aimantation par laser est une technique essentielle pour le développement de la spintronique. Toujours en Alsace, à la fin des années 1990s, l'Institut des Sciences des Matériaux de Mulhouse (IS2M) (Université de Haute-Alsace et CNRS) s'installe dans ses nouveaux locaux et développe de nombreuses plateformes de caractérisation optique des matériaux intégrant la spectroscopie FTIR ou Raman, la microscopie à rayons X et à force atomique. En Champagne-Ardenne, la création de la nouvelle Université de Technologie de Troyes (UTT) en 1994 s'accompagne la même année de la création du Laboratoire de nanotechnologies par le Professeur Pascal Royer. Ce laboratoire devenu ensuite L2n (Lumière, nano matériaux et nanotechnologies, UTT et CNRS) est aujourd'hui une référence internationale sur l'étude de l'interaction lumière-matière à l'échelle nano-métrique.

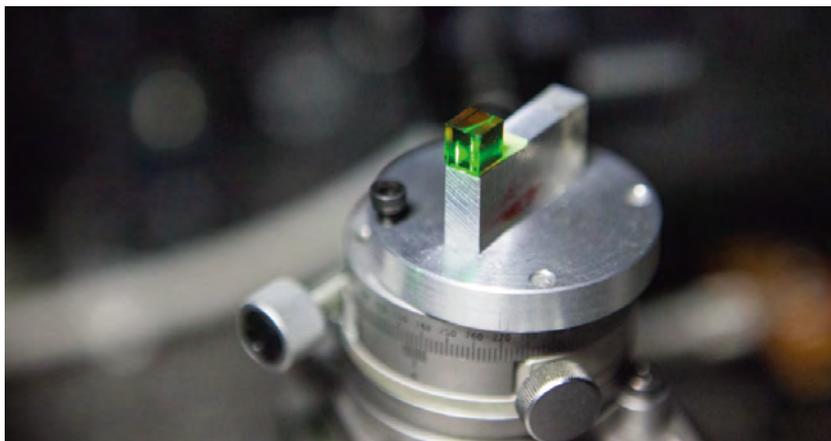
Ce terreau fertile de nouvelles connaissances en photonique a permis l'installation en Grand Est de plusieurs

fleurons industriels de la photonique en France. Aujourd'hui leader mondial des verres optiques, l'entreprise Essilor a créé les premiers verres progressifs en 1959 depuis son site de Ligny en Barrois, dans la Meuse, révolutionnant ainsi l'optique moderne. Autre exemple: installée à Messein, en Meurthe-et-Moselle, depuis plus de 30 ans, Cristal Laser est aujourd'hui une entreprise leader européen dans la fabrication de cristaux pour la photonique non-linéaire. Ces cristaux de KTP ou LBO aux propriétés optiques remarquables sont indispensables au fonctionnement de nombreux lasers pour les secteurs de la santé, de l'industrie, de la défense mais aussi de l'exploration spatiale. Pour preuve l'installation des cristaux de Cristal Laser dans les rovers de Curiosity et Persévérance envoyés sur Mars. Depuis plus de 30 ans, IREPA LASER développe quant à elle depuis son site en Alsace des technologies lasers de puissance jusqu'à 10kW pour la fabrication additive de pièces métalliques pouvant aller jusqu'à 3 m d'envergure, mais aussi le soudage et la fonctionnalisation de surface par micro-texturation laser avec désormais un Labcom, LaserSurf avec ICube, et. Citée précédemment, Holo3 est un centre d'innovation et de recherche (CIR) basé à Saint-Louis qui propose des services aux entreprises pour appliquer les technologies optiques à la métrologie. Un nouveau département dédié à la réalité virtuelle s'est depuis développé à Illkirch. Basée à Maxéville depuis plus de 70 ans, l'entreprise Éclairage Technique (ECLATEC) a su faire évoluer ses activités pour devenir un des leaders européens de



VERS UN « INSTITUT DE PHOTONIQUE »

Annoncé en 2022, l'Institut de Photonique sera un consortium large d'acteurs publics et privés de la photonique porté par CentraleSupélec. Un premier accord cadre a été signé en 2022 avec les partenaires académiques Université de Lorraine, Université de Technologie de Troyes, Université de Strasbourg, INSA Strasbourg, Université de Haute Alsace, Université du Luxembourg; les partenaires entreprises GDI Simulation et IREPA Laser; ainsi que la SATT Sayens et l'agence d'innovation Grand E-nov+. L'Institut de Photonique bénéficiera d'un nouvel espace immobilier de 2000 m² sur le campus de Metz de CentraleSupélec, qui servira de lieu central pour les échanges entre les acteurs de la photonique et pour la démonstration des innovations développées en Région Grand Est. Les missions principales de l'Institut de Photonique seront de développer les coopérations en recherche et en innovation entre les acteurs, de renforcer la visibilité et l'attractivité de la photonique, de développer de nouvelles formations spécialisées en photonique et de contribuer, par des actions pédagogiques innovantes, à une meilleure prise en compte des technologies et en particulier de la photonique dans le programme de formation en collèges et en lycées. La recherche collaborative menée au sein de l'Institut de Photonique bénéficiera de l'expertise reconnue notamment dans l'optique non-linéaire, les télécoms optiques, la mesure et l'instrumentation laser, l'optique ultra-rapide, les matériaux optiques, l'optique bio-médicale, les technologies quantiques.

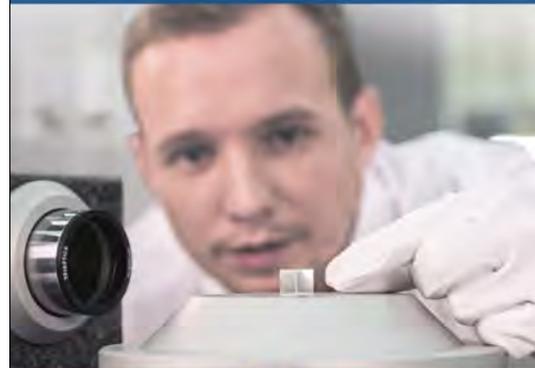


Cristal photoréfractif. La lumière en pénétrant dans le cristal modifie l'indice de réfraction, permettant la création de guides d'ondes photo-induits reconfigurables (LMOPS, CentraleSupélec et Université de Lorraine).

l'éclairage public intégrant des LEDs et des mats conçus en coopération avec les plus grands designers et proposant une solide expertise en photométrie. Nous pouvons citer également le centre européen de recherches et de formation aux arts verriers (CERFAV). Ce centre de recherche privé installé depuis 1991 à Vannes-le-Châtel, est un centre de référence international pour l'étude des propriétés optiques, thermiques, et mécanique du verre; qui propose ses services de recherche et développement aux plus grandes entreprises du domaine de l'artisanat, mais aussi de l'emballage, de la santé ou encore de l'électronique. On pourrait encore citer Osram dans le domaine de l'éclairage, Merck en biophotonique, et de nombreuses spin-offs prometteuses comme Redberry dans la détection de micro-organisme, Optiive en réalité augmentée, Poladerme en détection de lésion de la peau, MicroOmix ou PhaseLab dans la photo-analyse rapide de molécule biologique.

La Région Grand Est a également été pionnière dans la formation des ingénieurs et masters spécialisés en photonique. La création du campus de Metz de Supélec en 1985, devenu depuis 2015 CentraleSupélec, s'accompagne immédiatement de la création d'une spécialisation ingénieur en « optoélectronique et communication (OEC) » devenue aujourd'hui « photonique et ingénierie des nano-systèmes (PSY) ». Cette formation adossée à un master de physique de l'Université Paul Verlaine de Metz, aujourd'hui Université de Lorraine, aura permis de diplômer plus de 700 ingénieurs et masters spécialisés en photonique depuis 35 ans. En 2018, dans le contexte de la création de la chaire photonique à CentraleSupélec, l'établissement messin et UTT ouvrent un nouveau parcours « photonique » pour les élèves ingénieurs diplômés à l'UTT au sein de la branche « matériaux, technologie et économie » (MTE). L'UTT et l'Université de Reims Champagne-Ardenne (URCA) proposent par ailleurs un Master en Nano-Optique et Nanophotonique (NANO-PHOT) qui s'inscrit par ailleurs dans le programme d'Ecole Européenne de Recherche (EUR) Graduate School NANO-PHOT afin de préparer au mieux les étudiants masters et doctorants aux métiers exploitant les nanotechnologies. Créée en 1970 à l'initiative du département de Physique de l'Université Louis Pasteur, l'Ecole d'ingénieurs physiciens de Strasbourg devenue en 1981 école nationale supérieure de physique de Strasbourg et en 2012 Telecom Physique Strasbourg (TPS) développe les premiers enseignements en photonique. Aujourd'hui le master IRIV (imagerie, robotique, ingénierie pour le vivant) co-accrédité avec l'INSA Strasbourg propose une dominante « physique et nano photonique » avec un parcours M2 « photonique pour les nano sciences et le vivant » qui forme chaque année une vingtaine ● ● ●

Instrumentation de test optique



Mesure de la plupart des paramètres optiques

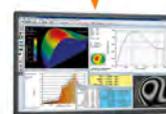
FTM, EFL, BFL, centrage, alignement front d'onde

Applications en R&D et production



Banc de FTM
UV, VIS, IR

Interféromètre "µPhase"



Station de centrage optique



TRIOPTICS France

76 rue d'Alsace
69100 Villeurbanne
Tel. +33 (0)4 72 44 02 03
www.trioptics.fr

d'étudiants. L'école universitaire de recherche (EUR) Q-MAT (quantum science and nanomaterials) forme les étudiants à la connaissance des propriétés quantiques de la matière pour les applications notamment liées à l'informatique et aux télécommunications quantiques et la graduate school de l'ITI HealthTech aux technologies pour la santé. En 2022 la Région Grand Est, et les collectivités Eurométropole de Metz et Département de la Moselle co-financent le projet « PHOTONIQUE 4.0 » qui permet aux trois établissements CentraleSupélec, UTT, Université de Strasbourg de créer le premier parcours de formation en photonique mutualisé et bénéficiant des meilleures technologies d'enseignement à distance sur trois sites universitaires. Des séminaires, tables rondes et visites permettent à tous les étudiants d'explorer la richesse de l'enseignement et de la recherche en photonique en Grand Est. A noter également le BTS systèmes photoniques proposé par le Lycée Jean Mermoz de Saint-Louis qui prépare des futurs techniciens à la conception et au développement des instruments d'optique.

Une nouvelle dynamique pour la photonique : de la chaire Photonique à l'Institut de Photonique

Forts de leurs contributions historiques à la photonique en France, et conscients des enjeux majeurs du développement de la photonique pour engager les nécessaires transitions numériques, énergétiques et environnementales, les acteurs de la photonique en Région Grand Est se sont engagés dans une dynamique de coopération portant à la création prochaine de l'Institut de Photonique. La proposition de créer un Institut de Photonique en Région Grand Est est née en 2018 à l'initiative de la Chaire Photonique de CentraleSupélec. Déjà lors de sa création en 2017, la Chaire Photonique portait l'ambition d'accompagner la promotion et la valorisation de la photonique en France mais la visite réalisée auprès notamment du COPL au Québec a conforté l'idée selon

laquelle cette initiative trouverait toute sa force dans une large coopération d'acteurs universitaires et entreprises. A l'initiative de la Région Grand Est, de l'eurométropole de Metz et du département de la Moselle, l'initiative de création de l'Institut de Photonique a été alors accompagnée par l'agence d'innovation Grand E-nov+ dans le contexte notamment du Business Act Grand Est adopté par la Région Grand Est et l'Etat en 2020. Un premier accord-cadre de coopération est signé en 2022 par une dizaine de partenaires académiques, entreprises et acteurs de l'accompagnement à l'innovation. À l'horizon 2026 un espace de 2000m² environ sur le campus de Metz de CentraleSupélec permettra d'accueillir une vitrine technologique de la photonique en région Grand Est, mais aussi d'y tenir des événements dédiés pour les entreprises, chercheurs et le grand public.

L'Institut de Photonique sera doté d'une gouvernance agile permettant de développer quatre missions essentielles : l'animation et la coordination d'un réseau d'acteurs publics et privés, le développement d'une recherche d'excellence et de l'innovation notamment dans les domaines industriels des télécommunications, de la mesure, de l'imagerie médicale, des technologies quantiques, et de la sécurité de l'information ; le développement de nouvelles formations avec notamment comme ambition de nouveaux diplômés d'ingénieurs et masters internationaux ; le développement de la culture scientifique, technique et industrielle autour de la photonique. La photonique n'en est qu'au début de sa structuration en France et n'est pas assez connue des jeunes collégiens et lycéens- pour lesquels il est essentiel d'encourager l'orientation vers les filières scientifiques et technologiques- mais aussi des investisseurs publics et privés. Par cet Institut de Photonique, la région Grand

Deux industries fleurons de la région Grand Est. A gauche, IREPA laser spécialiste du traitement de surface par laser. A droite, CRISTAL LASER qui développe et commercialise des cristaux notamment pour l'optique non-linéaire.

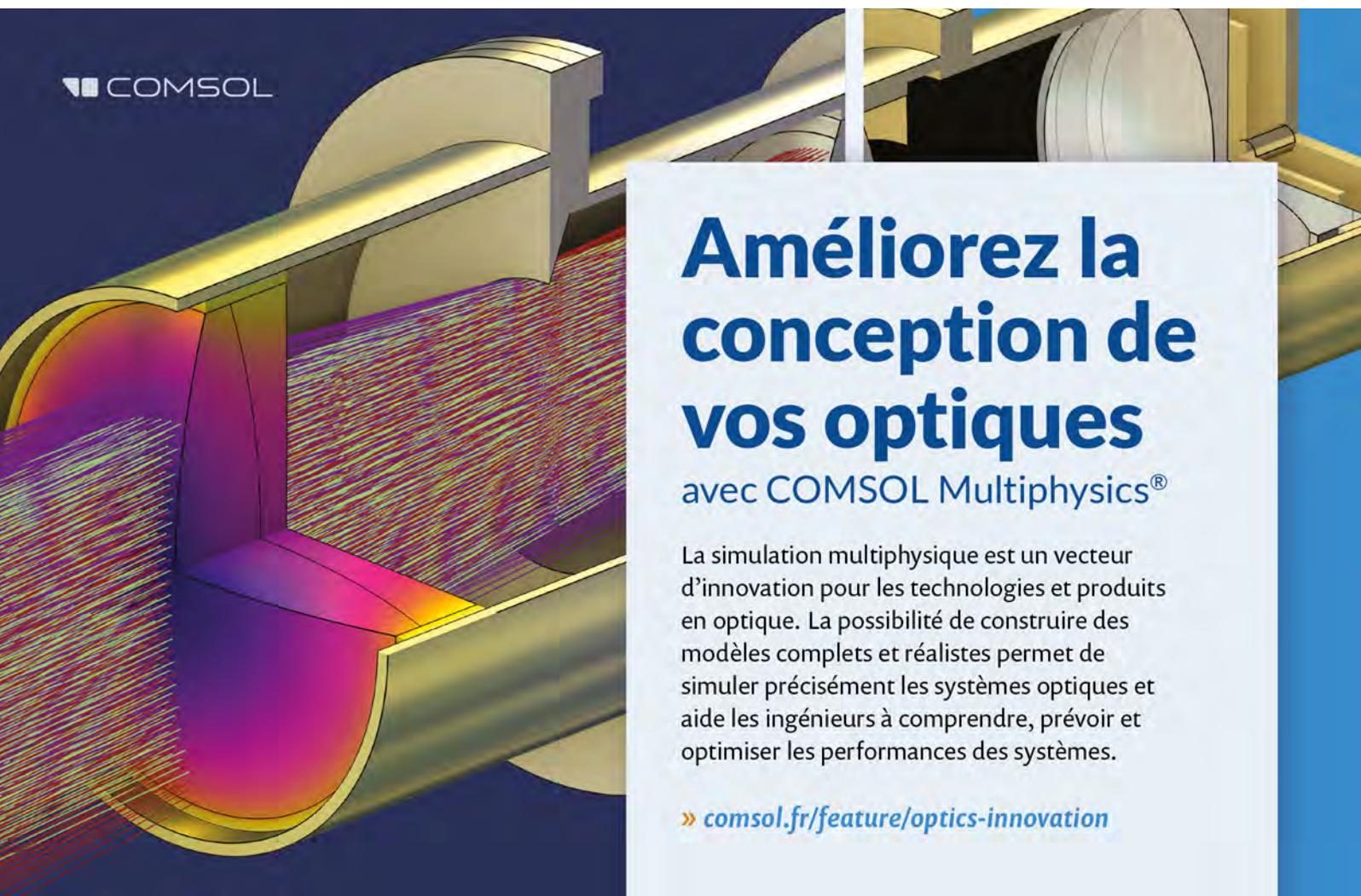


Est souhaité en coopération avec les autres pôles nationaux contribuer à cette nécessaire dynamique collective pour la photonique en France, mais aussi créer un nouvel espace de coopérations en recherche et en formation entre universités et entreprises, de découverte de la photonique pour un large public, et d'attractivité pour les entreprises qui souhaitent s'installer en Grand Est.

De façon plus générale, à l'image des initiatives comme le réseau de la French Tech développé pour les startups du numérique en France, ou comme les initiatives Quantum Flagship à l'échelle européenne ; il sera nécessaire voire essentiel pour les acteurs de la photonique de convaincre les autorités publiques de lancer une initiative coordonnée pour la photonique en France. La simple constatation physique par laquelle les systèmes photoniques multiplieront par 10 000 le nombre d'opérations de calcul réalisables dans des réseaux de neurones artificiels pour l'IA tout en augmentant par un facteur 1 000 000 la vitesse de calcul dans ces calculateurs neuro-inspirés [Optics and Photonics News, Juillet 2018], pose désormais comme urgente la nécessité d'accompagner le développement de l'innovation et des industries en photonique en France ! ●

RÉFÉRENCES

- [1] G E Kugel, F Brehat, B Wyncke, M D Fontana, G Marnier, C Carabatos-Nedelec and J Mangin, *J. Phys. C: Solid State Phys.* **21**, 5565 (1988)
- [2] N. Fressengeas, D. Wolfersberger, J. Maufoy, and G. Kugel, *Optics communications* **145**, 393 (1998)
- [3] M. Sciamanna and K. Alan Shore, *Nature Photonics* **9**, 151 (2015)
- [4] P. Smigielski, A. Hirth and C. Thery, *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems* **8**, 751 (1972)
- [5] J.Y. Bigot, M. Vomir, and E. Beaurepaire, *Nature Physics* **5**, 515 (2009)
- [6] M. Ahlheim *et al.*, *Science* **271**, 335 (1996)
- [7] M. Abid *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **100**, 0511101 (2012)
- [8] A. E. Giba *et al.*, *Phys. Rev. Applied* **14**, 034017 (2020)
- [9] A. Bouhelier, R. Bachelot, G. Lerondel, S. Kostcheev, P. Royer, and G.P. Wiederrecht, *Phys. Rev. Lett.* **95**, 267405 (2005)



Améliorez la conception de vos optiques
avec COMSOL Multiphysics®

La simulation multiphysique est un vecteur d'innovation pour les technologies et produits en optique. La possibilité de construire des modèles complets et réalistes permet de simuler précisément les systèmes optiques et aide les ingénieurs à comprendre, prévoir et optimiser les performances des systèmes.

» comsol.fr/feature/optics-innovation