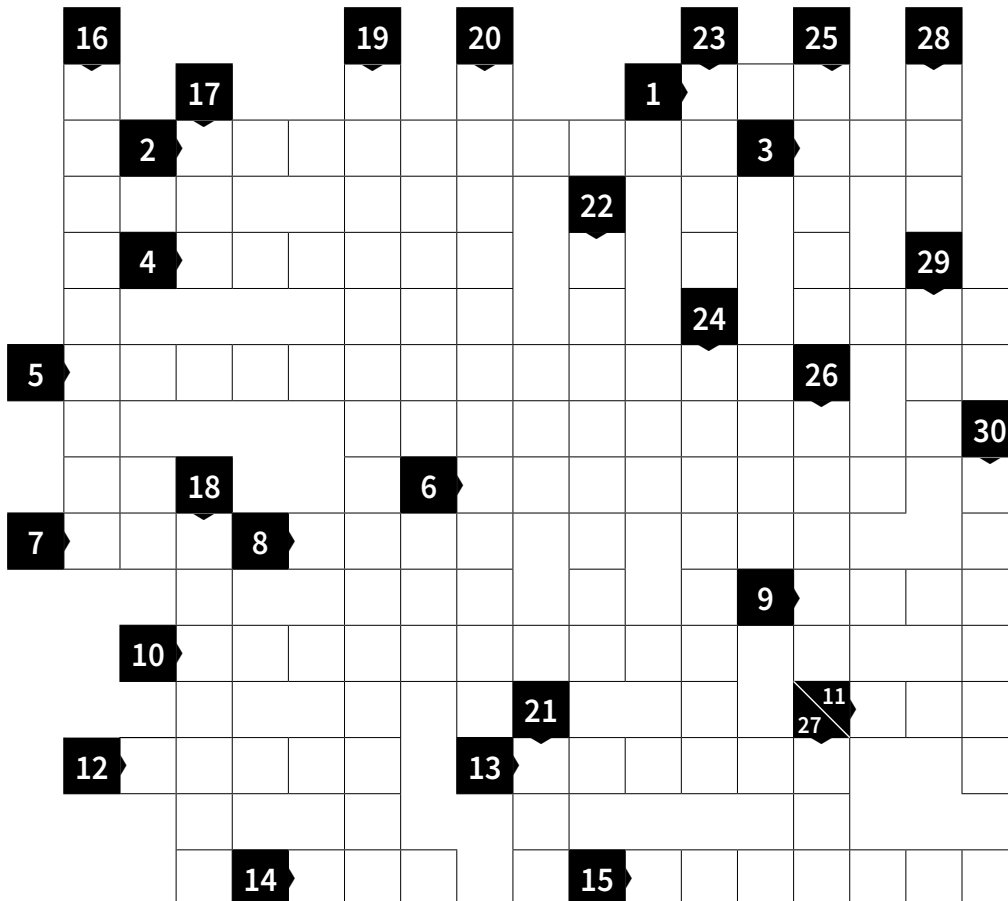


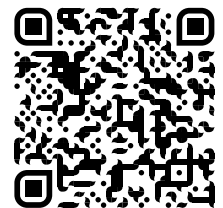
MOTS CROISÉS

SUR LE THÈME DES LASERS DE PUISSANCE

Par Philippe ADAM



SOLUTION SUR
PHOTONIQUES.COM



- | | | | |
|----|---|----|---|
| 1 | Phosphure de germanium du zinc | 16 | Ville de Californie abritant une infrastructure majeure |
| 2 | Régime d'éclairage sans échauffement | 17 | Une mission pour l'arme laser |
| 3 | Infrastructure européenne d'envergure dans le domaine des lasers de puissance | 18 | Déclenche la puissance |
| 4 | Prix Nobel de Physique 2018, a lancé le projet XCAN, ELI... | 19 | Milieu actif, recalé au contrôle antidopage |
| 5 | Découpe, gravure, perçage... par laser | 20 | Régime pas continu |
| 6 | On protège nos yeux pour ne pas en avoir besoin après un tir de puissance | 21 | En matière d'énergie, il fait Le Meilleur Job ! |
| 7 | Un effet à atténuer dans les lasers de puissance | 22 | Se doivent d'être d'une très grande précision pour un multi-faisceaux |
| 8 | Précurseurs d'ELI Beamlines en République Tchèque | 23 | Éclair le plus puissant ... de l'Olympe |
| 9 | Curiosity en est équipé | 24 | Pour la lutte anti-contrefaçon, fabriquées par laser |
| 10 | Pour une impulsion, après l'avoir étirée | 25 | Laser Petawatt en Aquitaine |
| 11 | Composant qui transforme "1 tiens" en "2 tu l'auras" | 26 | Attention, il faut éviter ses chaleurs ! |
| 12 | Centre d'Etudes Scientifiques et Techniques d'Aquitaine | 27 | Étudie les excimers pour la fusion avancée |
| 13 | Critère en fusion, à respecter | 28 | Installation laser du Lawrence Livermore National Lab |
| 14 | Habilite la DAM ! | 29 | Unité mixte dans le domaine des lasers de puissance qui fait ... loi |
| 15 | Encore un laser descendu de l'Olympe | 30 | Énergie propre du futur ou bombe H ? |

Entretien avec Sophie Brasselet

Sophie Brasselet est directrice de Recherche CNRS à l'Institut Fresnel et lauréate 2022 du grand prix Léon Brillouin de la SFO.

POUVEZ-VOUS NOUS DÉCRIRE VOTRE PARCOURS ?

À la suite de ma formation d'ingénieure à l'IOGS, j'ai effectué une thèse au CNET Bagneux (Centre national d'études des télécommunications) sous la direction de Jozeph Zyss sur les propriétés non-linéaires de molécules en solution et polymères. Dans cette thèse, je travaillais sur la diffusion harmonique non-linéaire et je cherchais à comprendre comment les structures moléculaires influent sur leurs propriétés non-linéaires du second ordre. L'environnement scientifique était très riche et permettait la rencontre d'autres domaines ; j'ai notamment travaillé avec des chimistes de synthèse qui m'ont beaucoup appris et avec qui je travaille encore. Le groupe de Joseph Zyss déménageant à l'ENS Cachan, j'y ai ensuite poursuivi mes recherches en tant qu'ATER. J'ai ensuite effectué mon post doctorat aux Etats Unis dans le groupe de William Moerner (prix Nobel de chimie 2014), tout d'abord à l'UCSD puis à Sanford, pour travailler sur l'imagerie de molécules uniques dans les cellules. J'y ai découvert le monde de la microscopie et de la biologie cellulaire, avec des questions stimulantes sur comment le comportement diffusif de protéines rapporteurs membranaires est relié à leur fonction biologique.

VOUS AVEZ TOUT D'ABORD ÉTÉ RECRUTÉE SUR UN POSTE UNIVERSITAIRE

Ayant toujours été attirée par la recherche, j'ai tout d'abord candidaté au CNRS. À ma troisième tentative, j'ai postulé en parallèle sur un poste de Maître de Conférences et j'ai eu la chance d'être recrutée à l'ENS Cachan. Même si je m'orientais au départ vers la recherche, je me suis rapidement rendue compte de la richesse du métier d'enseignant-chercheur et de son intérêt majeur pour penser les problèmes en recherche..



J'ai travaillé sur le façonnage de la matière par réorientation de molécules sous champ optique. L'objectif était de contrôler l'orientation de molécules organiques par des interactions non linéaires avec la lumière. L'ordre de la non-linéarité nous permettait de contrôler la symétrie de la distribution de molécules dans des matrices polymère. Ce sujet était très porteur pour envisager l'inscription, par la lumière, de propriétés optiques de matériaux polymères. Ce domaine, intéressant pour les composants optoélectroniques, souffrait cependant des problèmes de stabilité et de robustesse de ces matériaux qui les rendaient limités pour des applications telecoms. Ces travaux ont cependant motivé le développement d'une technique de microscopie non-linéaire qui permettait d'observer l'orientation des molécules à des échelles sub-micrométriques,

outils qui me serviront beaucoup dans la suite de mes recherches en imagerie pour le vivant. Cet intérêt pour l'imagerie pour le vivant, né pendant mon séjour postdoctoral, m'a poussée à rejoindre une équipe dédiée à ce sujet de l'imagerie pour la biologie : l'équipe MOSAIC à l'Institut Fresnel. Suite à une demande de mobilité j'ai pu être recrutée sur un autre poste MCF à Marseille où j'ai rejoint l'Institut Fresnel en 2007, enseignant à l'université Paul Cezanne (aujourd'hui Aix Marseille Université, AMU).

PUIS VOUS AVEZ RAPIDEMENT POSTULÉ SUR UN POSTE CNRS

Après 7 années en enseignement et recherche, je souhaitais me lancer pleinement dans un nouveau projet qui portait sur le façonnage en polarisation d'impulsions femtosecondes. L'idée était d'encoder des états de polarisations variés dans le spectre complexe d'une impulsion femtoseconde, par mise en forme d'impulsions en phase et en polarisation *via* des modulateurs spatiaux de lumière. Etudier, dans le domaine vectoriel, comment une telle impulsion interagit avec la matière était nouveau et a été décliné en parallèle, par d'autres groupes, dans les milieux plasmoniques : par le jeu de mélange de fréquences non-linéaires en interaction avec les résonances moléculaires, j'ai pu utiliser cette méthode pour analyser *via* une seule impulsion, les réponses de polarisation de génération de second harmonique de milieux organisés comme le collagène dans les tissus biologiques.

Ces travaux ont cependant motivé le développement d'une technique de microscopie non-linéaire qui permettait d'observer l'orientation des molécules à des échelles sub-micrométriques, outils qui me serviront beaucoup dans la suite de mes recherches en imagerie pour le vivant. Cet intérêt pour l'imagerie pour le vivant, né pendant mon séjour postdoctoral, m'a poussée à rejoindre une équipe dédiée à ce sujet de l'imagerie pour la biologie : l'équipe MOSAIC à l'Institut Fresnel.

Deux axes de recherche se dégagent. Le premier axe, pour la biologie, vise à imager l'orientation et l'organisation des molécules et à l'associer à une fonction biologique, comme le changement conformationnel de protéines qui est très difficilement mesurable en cellule vivante et à haute dynamique spatio-temporelle. Le second axe, plus physique, vise à mesurer expérimentalement des champs optiques en 3D en super-résolution.

COMMENT AVEZ-VOUS RÉALISÉ QUE CES APPROCHES POUVAIENT ÊTRE IMPORTANTES POUR IMAGER LE VIVANT ?

Pendant mon séjour post-doctoral chez W. Moerner, j'ai pu apprécier les défis et questions importantes dans ce domaine. J'avais notamment participé aux premières expériences de suivi de la diffusion latérale de molécules uniques dans des membranes cellulaires pour analyser les propriétés des environnements lipidiques sur le confinement de protéines réceptrices. Ces protéines peuvent former des organisations bien précises qui régissent les fonctions biologiques : je souhaitais donc associer les thèmes sur lesquels j'avais eu l'opportunité de travailler - microscopie, optique non-linéaire, sensibilité à la polarisation - pour développer une approche novatrice pour imager l'organisation du vivant. Il fallait tout développer, à la fois les outils d'instrumentation optique et les formalismes qui permettaient d'interpréter les données. Progressivement, je suis revenue aux molécules uniques pour répondre à la question de l'échelle moléculaire de ces organisations. J'avais acquis le savoir-faire de l'imagerie des molécules uniques par fluorescence lors de mon post-doc à Stanford, et se développait en parallèle un axe innovant pour gagner en résolution spatiale à partir de la localisation spatiale de ces molécules uniques : l'imagerie par localisation d'émetteurs isolés (qui a également été l'objet du prix Nobel 2014 à Eric Betzig) J'ai donc commencé les premières expériences d'imagerie de localisation et d'orientation de molécules uniques par microscopie polarisée vers 2010. Les progrès très rapides développés en imagerie super résolue, notamment les

progrès computationnels pour traiter ces images, m'ont permis de développer, par le contrôle de la polarisation, une imagerie super résolue d'organisation des molécules uniques. Ce domaine se développe rapidement au laboratoire, et ouvre même à l'ingénierie de nouvelles sondes fluorescentes, grâce à une collaboration très riche avec Manos Mavrikis, biologiste à l'institut Fresnel intéressé par l'organisation des filaments du cytosquelette. En parallèle, nous avons travaillé avec Hervé Rigneault, Patrick Ferrand et Julien Duboisset sur le déploiement de l'imagerie polarisée pour la fluorescence multi-photonique et le Raman cohérent, méthodes qui sont aujourd'hui déployées comme des diagnostics possibles de pathologies dans les tissus biologiques.

QUELS SONT VOS AXES DE RECHERCHE ACTUELLEMENT ?

Je cherche à étudier et contrôler la polarisation dans des conditions non paraxiales, conditions pour lesquelles la composante axiale (ou longitudinale) de la polarisation est importante. Je collabore sur ces questions avec un spécialiste de la polarisation, Miguel Alonso, qui a rejoint il y a quelques années le laboratoire. Nous travaillons ensemble sur la mise en forme en phase et en polarisation de faisceaux focalisés pour répondre à aux questions de la métrologie d'un état de polarisation 3D pour un faisceau focalisé et des formalismes appropriés pour les états de polarisation 3D partiellement polarisés. Les outils expérimentaux que nous développons sont importants pour les physiciens qui travaillent sur ces questions dans des domaines très larges, qui peuvent toucher la théorie, les applications en nanophotonique,

l'imagerie... Ce qui m'intéresse c'est de tirer profit de ces expériences pour mesurer des orientations moléculaires 3D (ce qui n'est pas vraiment accessible aujourd'hui) et diagnostiquer des champs optiques 3D structurés sous la taille de la résolution optique.

Deux axes de recherche se dégagent. Le premier axe, pour la biologie, vise à imager l'orientation et l'organisation des molécules et à l'associer à une fonction biologique, comme le changement conformationnel de protéines qui est très difficilement mesurable en cellule vivante et à haute dynamique spatio-temporelle.

Le second axe, plus physique, vise à mesurer expérimentalement des champs optiques en 3D en super-résolution. Miguel Alonso développe par exemple un concept de skyrmions optiques, structures du champ périodiques parcourant spatialement toute la sphère de Poincaré 3D. Pour sonder ces skyrmions, des nanosondes de champs 3D sont nécessaires : ce sont des nanoparticules métalliques qui se comportent comme des dipôles diffusants et nous informent en champ lointain, *via* des méthodes proches de celles développées en molécules uniques, de l'état de polarisation 3D localisé.

CES TRAVAUX VOUS AMÈNENT À COLLABORER AVEC D'AUTRES DISCIPLINES

Mes champs de recherches sont très riches en collaborations, notamment avec les chimistes et biologistes qui s'intéressent à la manière dont les molécules s'orientent et s'organisent. Les domaines touchés en biologie sont nombreux, en biologie du développement, neuroscience, immunologie.... Les liens avec les physiciens sont nombreux : j'ai mentionné le domaine de l'optique mathématique avec Miguel Alonso mais j'ai également pu collaborer sur un beau sujet avec Sylvain Gigan, où se posait la question du maintien de polarisation lorsque les fronts ondes sont remis en forme pour focaliser un faisceau derrière un milieu diffusant. Ce domaine est d'intérêt pour l'imagerie non-linéaire polarisée dans les tissus, qui à grande profondeur perturbent les champs de manière aléatoire pour former un speckle. La polarisation est une signature importante de cette

perturbation, et de la nature du contrôle cohérent des champs dans un milieu diffusant. Aujourd'hui nous cherchons à maîtriser les fronts d'onde, non seulement en phase, mais aussi en polarisation, pour corriger les distorsions subies par le front d'onde dans des tissus biologiques. Nous cherchons notamment à appliquer le formalisme matriciel développé pour l'optimisation de front d'ondes en transmission, en imagerie non-linéaire polarisée.

VOUS AVEZ MONTÉ L'UNE DES PREMIÈRES FORMATIONS ERASMUS MUNDUS EN FRANCE EN PHOTONIQUE

Oui, lorsque je suis rentrée au CNRS, j'avais gardé une sensibilité à l'enseignement et aux programmes internationaux, et je venais d'un laboratoire qui avait obtenu à l'initiative de Joseph Zyss et Isabelle Ledoux un Erasmus Mundus (MONABIPHOT) autour de l'optique moléculaire, regroupant des compétences en chimie, la biologie et la photonique. Avec des collègues de Marseille, notamment Hugues Giovannini, nous avons senti le besoin de structurer la photonique du site de Marseille autour d'une formation s'appuyant sur les laboratoires concernés comme le PIIM, le LAM et le LP3. Nous avons ainsi monté la formation Erasmus Mundus EUROPHOTONICS

en 2011, en partenariat avec trois autres villes, Karlsruhe, Barcelone et Florence. Nous avons obtenu en parallèle du projet de master, le financement du programme doctoral Erasmus Mundus du même nom. Une petite équipe dévouée s'est formée et a permis de faire tourner cette formation originale qui a pris par la suite de l'ampleur. Le programme doctoral a duré 5 ans, et le programme master s'est élargi avec des partenaires supplémentaires comme Tampere, Vilnius, Rochester, Sydney, Mexico... Nous avons été chanceux d'obtenir ces deux financements européens puis les suivants pour le Master, je suis fière de la réussite de ce programme.

VOUS AVEZ ÉGALEMENT OBTENU UN EQUIPEX SUR L'IMAGERIE ET LA DÉTECTION COMPUTATIONNELLE

C'est une action que j'ai souhaité mener lors de mon démarrage en tant que directrice de l'Institut Fresnel. Ce projet obtenu en 2021, qui finance des équipements d'imagerie et de détection dans lesquels les aspects computationnels (optimisation, inversion, compression de données,...) sont intégrés à part entière, est un bel exemple de l'identité du laboratoire. Les personnes impliquées sont des physiciens des ondes, mais également des théoriciens et informaticiens. Cette

hybridation, propre à ce laboratoire mais qui se retrouve aussi dans quelques autres en France, est une grande richesse pour inventer les concepts et outils de demain dans de nombreux domaines. Ce qui me motive aujourd'hui dans la fonction de direction d'unité est d'accompagner la création de ces projets horizontaux, liant les savoir-faire des personnels du laboratoire, et structurant la recherche autour de thèmes dans lesquels la diversité des domaines est importante.

QUELLES SONT LES CLÉS POUR QUE LA PHOTONIQUE POURSUIVE SON DÉVELOPPEMENT ?

L'avenir de la photonique sera lié à notre capacité à maintenir des actions de structuration entre les personnes impliquées. En ce sens, la SFO a un rôle majeur à jouer, c'est un substrat essentiel. On le constate dans les congrès de la SFO : il existe une vraie communauté scientifique en France autour de l'optique, qui évolue avec des personnes inventives, dynamiques et un réel enthousiasme. Cette communauté doit également rester à l'affût des développements divers et dans la curiosité des communautés qui l'entourent : non seulement en physique mais dans les disciplines voisines proches (chimie, biologie) et éloignées (écologie, sciences humaines). ●

SPECTROGON

State of the art products

Filtres Interférentiels

- De 200 à 15000 nm
- Passe-bande
 - Passe-haut
 - Passe-bas
 - Large bande
 - Densité neutre
 - Disponible en stock



Réseaux Holographiques

- De 150 à 2000 nm
- Compression d'impulsion
 - Télècom
 - Accordabilité spectrale
 - Monochromateurs
 - Spectroscopie
 - Disponible en stock



UK (parle français): sales.uk@spectrogon.com • Tel +44 1592770000
Sweden (headquarters): sales.se@spectrogon.com • Tel +46 86382800
US: sales.us@spectrogon.com • Tel +1 9733311191

www.spectrogon.com

TÉMOIGNAGE D'ENTREPRENEUR Denis Barbier



Denis Barbier est le PDG et cofondateur de Microlight 3D, entreprise développant des imprimantes 2D et 3D basées sur l'absorption à 2 photons.

VOTRE PARCOURS S'EST SITUÉ À LA FRONTIÈRE ENTRE ENTREPRISE ET RECHERCHE ACADÉMIQUE

Oui. Lorsque j'ai été diplômé de l'école d'ingénieur à Grenoble, j'ai souhaité poursuivre en thèse au CEA LETI puis un post-doctorat à l'Imperial College à Londres. Malgré ce parcours académique, j'avais en moi le désir d'entreprendre. J'ai donc saisi l'opportunité de revenir sur Grenoble en rejoignant le GEEO, un organisme privé/public cofinancé par 3 partenaires : Grenoble INP, Schneider Electric et Radiall. Notre rôle était d'identifier dans les labos de G-INP des innovations dans le domaine de la photonique, de les amener à maturité, puis de les transférer dans les entreprises Schneider Electric et Radiall. Ce poste était très intéressant et correspondait à mes attentes car il faisait le lien entre la recherche académique et les entreprises.

VOUS AVEZ ENSUITE CRÉÉ TEEM PHOTONICS

Nous avons créé, avec Antoine Kévorkian, Teem Photonics en 1998, une société

spécialisée dans la production de composants pour les réseaux de télécommunication par fibre, tels que des diviseurs (1xN) pour le déploiement de la fibre chez l'abonné, et des amplificateurs guide d'onde sur verre dopé erbium. L'explosion de la bulle télécom en 2002, nous a obligés à revendre l'activité diviseurs à l'entreprise américaine Gould Fiber Optics, puis à réorienter nos activités vers la production de lasers. Ce qui nous a amenés à racheter en 2005 une filiale grenobloise du groupe JDSU. Teem Photonics existe toujours aujourd'hui avec une très belle réputation dans le domaine des lasers nanosecondes.

COMMENT AVEZ-VOUS DÉCOUVERT CETTE TECHNOLOGIE D'IMPRESSION 3D PAR PROCÉDÉ PHOTONIQUE ?

Des chercheurs du LIPHY /UGA (Patrice Baldec et Michel Bouriau), utilisateurs des lasers de Teem Photonics, sont venus nous présenter une technologie d'impression basée sur l'absorption à 2 photons capable de polymériser des polymères à des échelles sub-microniques. Plusieurs brevets ont été déposés, appartenant à l'UGA. Cette technologie nous a séduits par sa versatilité : l'on peut créer des formes 3D en déplaçant un laser tout en bénéficiant de la résolution sub-micrométrique grâce à l'absorption à 2 photons. A l'époque, seule l'entreprise Nanoscribe commercialisait des instruments sur cette approche. A ce jour, nous sommes les 2 principaux acteurs dans ce domaine. Les premières publications des chercheurs du LIPHY datent de 2002. Le début de la maturation a été faite au sein de Teem Photonics, mais TP produisant des

composants et des lasers, n'a pas souhaité aller plus loin dans le développement de cette innovation nécessitant des compétences systèmes.

C'EST LA RAISON POUR LAQUELLE VOUS AVEZ CRÉÉ MICROLIGHT 3D

Il a en effet fallu créer une entreprise dédiée. J'ai quitté Teem Photonics en 2015 pour préparer la création, puis Michel a quitté le Liphy pour que l'on cofonde Microlight 3D en 2016.

LA SATT A JOUÉ UN RÔLE DÉTERMINANT DANS LA CRÉATION DE MICROLIGHT 3D.

Oui...3 phases : maturation, incubation et accélération. La SATT Linksium *via* la maturation, a financé le laboratoire pour aller sur un proto montrable au clients. Pendant la phase d'incubation nous avons obtenu une licence exclusive et transféré brevets et savoir-faire de l'UGA vers l'entreprise, pour aboutir à la création de Microlight3D fin 2016.

MICROLIGHT3D RENTRE AUJOURD'HUI DANS SA 6^{ÈME} ANNÉE

Microlight n'est plus une start-up mais une entreprise deep-tech composée aujourd'hui d'une vingtaine de salariés. La moitié fait de la R&D, pour améliorer les systèmes existants et en créer de nouveaux. L'autre moitié travaille dans le commerce et la production. Nous concevons toutes les pièces hardwares que l'on fait réaliser par des fabricants spécialisés. Le software est entièrement maîtrisé en interne. Nous assemblons tous les éléments, nous calibrons la machine et l'envoyons chez le client.

Plusieurs brevets ont été déposés, appartenant à l'UGA. Cette technologie nous a séduits par sa versatilité : l'on peut créer des formes 3D en déplaçant un laser tout en bénéficiant de la résolution sub-micrométrique grâce à l'absorption à 2 photons.

Nous utilisons un laser à 532 nm en régime sub-nanoseconde car cette longueur d'onde s'accorde bien avec la plupart des polymères. Des machines utilisent cependant d'autres longueurs d'onde. Un monofaisceau est concentré temporellement et spatialement. Le faisceau est focalisé et l'absorption se produit dans le point focal. Le faisceau est déplacé avec des moteurs piezo-électriques

COMMENT SE RÉPARTIT VOTRE CHIFFRE D'AFFAIRES ?

75% de notre chiffre d'affaires est réalisé à l'export. Nous avons des distributeurs en Asie, et des agents en Amérique du Nord, pour l'Europe nous travaillons en direct. Notre chiffre d'affaires se répartit de la façon suivante 1/3 Asie, 1/3 Europe et 1/3 Amérique du Nord. En 2022, nous avons observé une accélération des ventes en Chine.

COMMENT SE COMPOSE VOTRE GAMME DE PRODUITS ET QUI SONT VOS PRINCIPAUX CLIENTS ?

Nous avons 2 familles de produits : SmartPrint.UV, une imprimante 2D, et Microfab-3D que l'on décline en 3 niveaux de performances. Nos principaux clients sont des laboratoires de recherche publics ou privés.

POUVEZ-VOUS NOUS DÉCRIRE LE PROCÉDÉ PHOTONIQUE À LA BASE DE VOTRE TECHNOLOGIE D'IMPRESSION ?

Nous utilisons un laser à 532 nm en régime sub-nanoseconde car cette longueur d'onde s'accorde bien avec la plupart des polymères. Des machines utilisent cependant d'autres longueurs d'onde. Un monofaisceau est concentré temporellement et spatialement. Le faisceau est focalisé et l'absorption se produit dans le point focal. Le faisceau est déplacé avec des moteurs piezo-électriques.

SI LA PHOTONIQUE EST AU CŒUR DE VOTRE SAVOIR-FAIRE,

LES MARCHÉS APPLICATIFS SEMBLent BIEN PLUS VASTES.

Actuellement, le seul marché applicatif en photonique est dans la micro-optique, comme par exemple la réalisation de micro-lentilles en bout de fibre optique. On imprime directement les lentilles/prismes en bout de fibre optique après clivage ou polissage. Les autres marchés applicatifs vont de la microfluidique-on ne fabrique pas les canaux mais les objets qui vont dans les canaux pour améliorer les performances des puces microfluidiques-à la Microrobotique - pièces articulées les unes par rapport à d'autres - à la biologie cellulaire car nous pouvons imprimer directement sur des matériaux biologiques comme le collagène sur lesquels il est possible de faire croître des cellules, aux dispositifs médicaux : matrice de micro-aiguilles, ou encore les métamatériaux.

OÙ SE CONCENTRENT VOS EFFORTS EN RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT ?

L'Amélioration des performances passe par un gain de temps. Nous travaillons sur la source laser, le polymère et le logiciel le déplacement du faisceau pour imprimer plus rapidement.

MAINTENEZ-VOUS DES LIENS AVEC LE MONDE ACADÉMIQUE POUR AMÉLIORER VOTRE TECHNOLOGIE ?

Oui avec des laboratoires académiques, sous la forme de projets collaboratifs financés par les guichets ANR, PSPC, R&D Booster, européens. ●



Nouvelle plateforme de fusion par laser CO2 LZM125A+ Fujikura

Soudure de 80 à 2.5mm de silice
Tous types de fibres (LDF, PM, PCF, Zblan,...)
Ablation, clivage et mode-stripping
Tapers, ball lenses, fonctions spéciales



Soudeuse FSM100P+ Fujikura

Soudure de 60 à 1.2mm de silice
Mode PM avec End-View
Fonctions spéciales intégrées
Pilotable par PC via logiciel convivial



Nouveau cliveur CT106+ Fujikura

Clive les fibres de 60µm à 1.2mm
Option clivage angulaire réglable 0-15°
Back-stop intégré
Clamps de fibres motorisés et automatiques

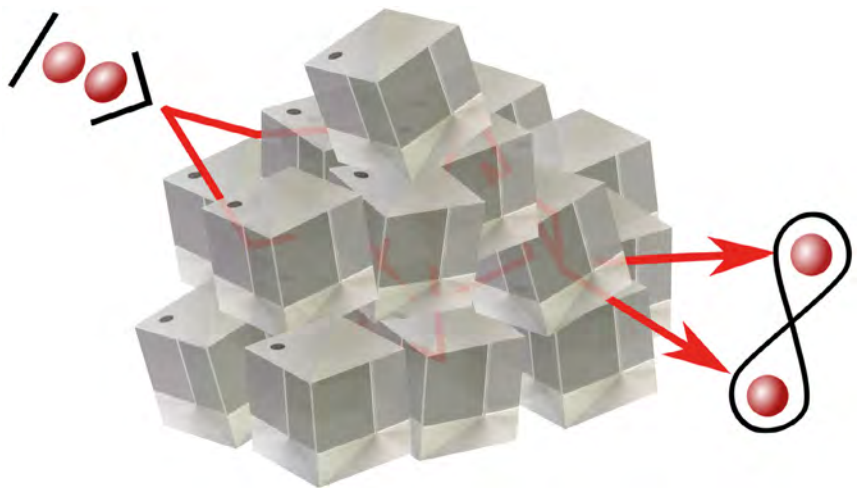
Préserver l'intrication quantique de la diffusion

L'intrication quantique est une propriété fascinante de la nature qui maintient un lien étroit entre deux particules quelle que soit la distance qui les sépare. Elle sera sans nul doute à la base de nombreuses technologies de demain. Cependant, l'intrication est une propriété fragile et très sensible à son environnement.

Lintrication quantique est une propriété fascinante de la nature qui maintient un lien étroit entre deux particules quelle que soit la distance qui les sépare. Elle sera sans nul doute à la base de nombreuses technologies de demain. Cependant, l'intrication est une propriété fragile et très sensible à son environnement. En optique, elle est particulièrement affectée par le phénomène de diffusion. Par exemple, lorsque des paires de photons intriqués se propagent dans un milieu diffusant, comme un tissu biologique ou une couche d'atmosphère turbulente, les photons sont déviés de manière aléatoire dans toutes les directions. Ces multiples déviations détériorent l'intrication qui lie les photons, la rendant inutilisable en pratique.

Dans un nouvel article publié dans *Physical Review X Quantum* [1], des physiciens de l'Institut des nanosciences de Paris, du laboratoire Kastler-Brossel et de l'université de Glasgow ont utilisé le façonnage de front d'onde optique pour manipuler des paires de photons et restaurer l'intrication après propagation dans un milieu diffusant.

Pour cela, ils ont conçu une expérience dans laquelle des paires de photons intriqués sont produites à l'aide d'un cristal non linéaire et d'une diode laser bleu. Elles sont ensuite envoyées vers une couche de Parafilm jouant le rôle de milieu diffusant. Après propagation, les photons transmis sont détectés par une caméra ultra-sensible et un algorithme de traitement d'image permet de mesurer l'intrication. À cause de la diffusion, les chercheurs ont constaté que l'intrication quantique devenait indétectable en sortie. En effet, les deux photons d'une même paire se séparent et se propagent dans des directions aléatoires à cause des inhomogénéités du milieu. Ils perdent



Vue artistique de paires de photons intriqués se propageant dans un milieu diffusant. Les cubes séparateurs de lumières entassés aléatoirement représentent les inhomogénéités d'un milieu diffusant. Malgré le mélange, l'intrication entre les paires reste présente en sortie et peut être rendue détectable par du façonnage de front d'onde.

alors leurs corrélations spatiales, dont la mesure sert à déceler expérimentalement la présence d'intrication.

Cependant, détecter des corrélations spatiales est une condition suffisante mais non nécessaire pour certifier la présence de l'intrication. En effet, le milieu étant statique et linéaire, l'intrication est toujours bien présente en sortie, mais est devenue indétectable. Elle a été 'mélangée' par un processus complexe mais déterministe d'interférences d'onde à deux photons.

Étonnamment, des phénomènes ondulatoires similaires se produisent dans le monde classique. Par exemple, lorsque la lumière laser, dite cohérente, rencontre un milieu diffusant, elle produit en sortie une figure de 'speckle' qui présente des grains sombres et brillants distribués aléatoirement. Cette figure résulte aussi d'un 'mélange' d'ondes diffusées qui interfèrent de manière complexe. Au cours des vingt dernières années, des

méthodes de façonnage de front d'ondes optiques ont été développées pour corriger ces interférences en agissant sur l'onde incidente du milieu [2,3]. Elles ont notamment été utilisées en microscopie pour imager en profondeur dans les tissus biologiques.

Dans leur expérience, les physiciens ont adapté ces méthodes de contrôle d'onde aux sources de paires de photons intriqués. Ils ont ainsi pu façonner les corrélations quantiques entre les paires avant qu'elles n'entrent dans le milieu pour compenser exactement la perte des corrélations induite par la diffusion. En restaurant les corrélations à la sortie, ils rendent détectable de nouveau l'intrication quantique, ce qui préserve son potentiel d'utilisation. De plus, cette étude a aussi montré que la dimension de l'intrication, qui est une propriété spécifique des états quantiques intriqués en 'haute dimension' comme ceux de l'expérience, était en partie préservée.

Cette approche peut s'avérer très utile pour développer des dispositifs d'imagerie et de communication quantiques, notamment ceux exploitant des états quantiques intriqués en haute dimension. En effet, parce qu'ils ne sont jamais parfaits, la présence inévitable de diffusion et d'aberrations dans les systèmes optiques tend à dégrader la qualité de l'intrication. C'est actuellement l'un des obstacles au développement industriel de certaines technologies quantiques photoniques. En préservant les corrélations spatiales beaucoup plus efficacement, on peut alors améliorer substantiellement les performances de ces systèmes et faire

un pas vers leur exploitation technologique. ●

RÉFÉRENCES

[1] B. Courme, P. Cameron, D. Faccio, S. Gigan, H. Defienne, "Manipulation and certification of high-dimensional entanglement through a scattering medium," *Phys. Rev. X Quantum* **4**, 010308 (2023).

doi: 10.1103/PRXQuantum.4.010308

Open article : arXiv

[2] I. M. Vellekoop, A. P. Mosk, "Focusing coherent light through opaque strongly scattering media," *Opt. Letters* **32**, 2309 (2007).

[3] S. M. Popoff, G. Lerosey, R. Carminati et al., "Measuring the transmission matrix in optics: an approach to the study and control of light propagation in disordered media," *Phys. Rev. Lett.* **104**, 100601 (2010).

Dévier la foudre à l'aide d'un laser intense

Incendies de forêt, coupures de courant, dommages aux installations : la foudre fascine mais s'avère destructrice. Elle provoque jusqu'à 24 000 décès par an dans le monde et cause de nombreux dégâts.

À ce jour, le paratonnerre inventé par Benjamin Franklin demeure le meilleur moyen de s'en prémunir, mais son rayon d'action reste limité. Pour y remédier, un consortium européen piloté par le Laboratoire d'Optique Appliquée (CNRS) et l'Université de Genève- en partenariat étroit avec l'EPFL, TRUMPF Scientific lasers, ArianeGroup, la société AMC (Pr. A. Mysyrowicz) et la Haute école d'ingénierie du canton de Vaud (HEIG-VD) - travaille sur un système de paratonnerre laser baptisé «Laser Lightning Rod».

Le projet «LLR» a commencé par le développement par TRUMPF scientific lasers d'un laser ultracourt d'une puissance moyenne d'un kilowatt. Ce laser délivre des impulsions de durée picoseconde de près d'un Joule d'énergie à une cadence de 1 kHz et à une longueur d'onde de 10^{30} nm. Il a été installé en 2021 au sommet du Mont Säntis (Suisse, 2502 m), près

d'une tour émettrice de Swisscom. Ce site, qui est l'une des structures les plus foudroyées d'Europe, a été instrumenté par l'EPFL pour l'observation de la foudre. En générant des filaments de plasma au-dessus de la tour, le laser a permis de guider la foudre le long de son faisceau sur une longueur de plus de 50 mètres. Ce résultat a été vérifié en plusieurs occurrences et avec divers diagnostics.

Pointé dans le prolongement d'un paratonnerre traditionnel, ce système pourrait ainsi en augmenter virtuellement la hauteur et de fait la surface de la zone qu'il protège. Il permettrait ainsi de protéger de larges infrastructures telles que des aéroports ou des centrales électriques. ●

RÉFÉRENCE

A. Houard, P. Walch, T. Produit et al. "Laser-guided lightning," *Nat. Photon.* (2023). <https://doi.org/10.1038/s41566-022-01139-z>

SCIENTEC
La SoluTion à vos mesures

PHOTOMÉTRIE

Colorimétrie - Radiométrie

MESURE ET ÉVALUATION DE TOUTES LES SOURCES LUMINEUSES

Éclairage, luminance, chromaticité, indice de rendu des couleurs IRC, température de couleur, valeurs spectrales, longueurs d'ondes crête et dominante, pureté d'excitation...

APPAREILS PORTABLES DE HAUTE QUALITÉ À PRIX ABORDABLE

► **Luxmètre Chromamètre CL-200A**
Polyvalent & léger, R&D et production...

► **Luxmètre spectroradiomètre CL-70F**
Économique & performant, Tactile et portable, Tête de mesure rotative...

► **Photomètre Chromamètre CS-150/160**
Précision et convivialité, luminance et couleur, contrôle qualité...

► **Photomètre Chromamètre à réseau CS-200**
Luminance et chromaticité, compact et précis



ScienTec c'est aussi,
du SAV, de la formation, de la calibration et la distribution de :
Analyseur d'écran, Photogoniomètres, Vidéocolorimètres, Sources de référence...

info@scientec.fr 01 64 53 27 00 www.scientec.fr