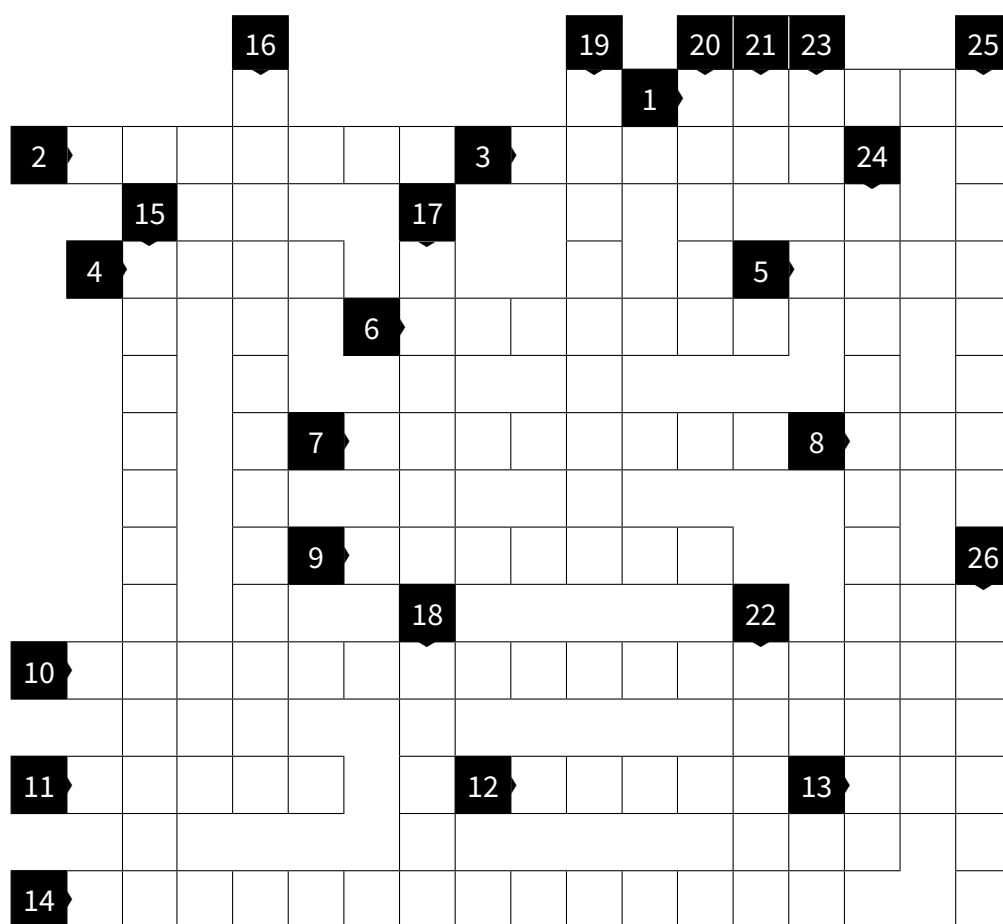
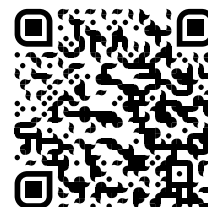


MOTS CROISÉS SUR LE THÈME DE LA COLORATION STRUCTURELLE

Par Philippe ADAM



SOLUTION SUR
PHOTONIQUES.COM



- | | | | |
|----|---|----|---|
| 1 | La couleur en est un dans le monde animal, indique souvent un danger | 15 | Source chimique de la coloration animale et végétale |
| 2 | Joli papillon de couleur émeraude | 16 | Cellule pigmentée |
| 3 | Coquille nacrée | 17 | Superbe lépidoptère bleu iridescent |
| 4 | Il sait monter une roue... colorée | 18 | Souvent un infra pour les opticiens |
| 5 | Structure logicielle de colorisation en accès libre | 19 | Message nano-gravé dans la masse, sans encre ni peinture |
| 6 | Livre de Newton (1704) écrit avec et sur les plumes | 20 | Coupe de viande colorée par l'arrangement périodique des fibres |
| 7 | Qualifie la fréquence des motifs réguliers sur un corps, définissant sa couleur | 21 | Infrarouge |
| 8 | En faisceau, permet des gravures très fines | 22 | La couleur observée change quand il change |
| 9 | Un bec et des plumes | 23 | Rouge, orange ont la même fin |
| 10 | Processus de gravure à l'échelle du nanomètre | 24 | Innovation issue de l'observation des propriétés naturelles |
| 11 | Supports de vol, à plumes... ou pas | 25 | Nobel 1908 pour sa méthode de reproduction des couleurs |
| 12 | Ses réflexions sont colorées | 26 | Un des règnes du vivant |
| 13 | C'est comme cela que commence le mimétisme | | |
| 14 | Qualifie un phénomène à l'origine des couleurs | | |

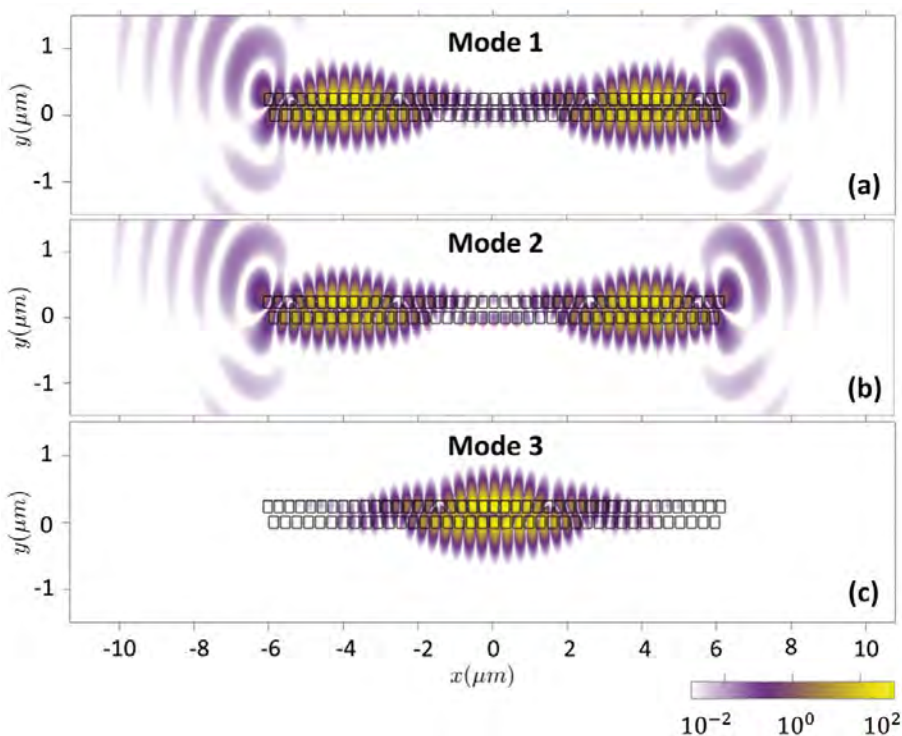
Configuration « magique » dans les moirés photoniques : la preuve par trois !

Bien connu en optique, l'effet de moiré résulte de la superposition de deux réseaux périodiques légèrement différents. Plus spécifiquement, lorsque les deux réseaux sont commensurables, le moiré apparaît comme un réseau infini de « supercellules » de période supérieure à celle des réseaux individuels.

En nanophotonique, ces deux réseaux sont structurés à l'échelle de la longueur d'onde ce qui entraîne une modification significative de la relation de dispersion des modes guidés se propageant dans ces structures. En ajustant la position relative des deux réseaux, il est possible d'obtenir des configurations dites « magiques » permettant de confiner la lumière de façon non conventionnelle. Par exemple dans les moirés 1D infini, ces effets se manifestent lorsque la distance entre les deux réseaux prend des valeurs particulières. Ces distances « magiques » induisent l'émergence de modes optiques présentant des bandes d'énergie à dispersion parfaitement plates. À ces énergies, les photons peuvent être ainsi parfaitement confinés et localisés dans chaque supercellule du réseau moiré périodique.

Une équipe de recherche de l'Institut des Nanotechnologies de Lyon (CNRS, École Centrale de Lyon, INSA de Lyon, Université Lyon I, CPE), s'est intéressée à ce phénomène pour tenter de répondre à la question pratique : serait-il possible d'observer un confinement aussi efficace dans une structure moiré finie et si oui, quelle taille minimum devrait avoir le réseau moiré ?

Ces recherches ont permis d'élucider le phénomène à l'origine des bandes plates à partir d'un modèle analytique de type liaisons fortes dont les résultats ont été confirmés par des simulations numériques. Nous montrons ainsi que la configuration magique a pour effet d'annuler le couplage entre les supercellules. Les calculs révèlent que lorsque le moiré est réduit à une seule supercellule, la configuration magique n'a plus d'impact sur le confinement du



Cartes d'intensité (E_z) des modes d'une cavité à trois supercellules à la distance magique. (a) Mode à perte 1, (b) mode à perte 2, et (c) mode quasi-BIC 3. Les modes 1 et 2 sont localisés sur les supercellules de droite et de gauche. Le mode 3 est confiné dans la supercellule du milieu et quasiment sans perte.

champ électromagnétique. En revanche, lorsque trois supercellules sont connectées en configuration magique, la lumière peut être parfaitement localisée et confinée dans la cellule centrale. Le mode correspondant a un facteur de qualité supérieur à 10^6 et présente toutes les caractéristiques d'un état quasi lié dans le continuum (« Bound state In the Continuum » ou BIC).

Ce mécanisme de confinement pourrait servir à diverses applications qui demandent une forte exaltation des interactions lumière matière, comme la récupération d'énergie, l'optique quantique, les pinces optiques, les

systèmes de détection ou les microlasers. ●

RÉFÉRENCE

C. Saadi, H. S. Nguyen, S. Cueff, L. Ferrier, X. Letartre, S. Callard, "How many supercells are required for unconventional light confinement in moiré photonic lattices?" *Optica* **11**, 245 (2024). <https://doi.org/10.1364/OPTICA.498089>

CONGRÈS
DE LA



Société Française d'Optique

01/05 juillet 2024

OPTIQUE

NORMANDIE

VENEZ À ROUEN

2024



www.sfoptique.org

rubrique congrès OPTIQUE



TÉMOIGNAGE D'ENTREPRENEUR

Bruno Desruelle, Muquans

Photoniques s'entretient avec Bruno Desruelle, Cofondateur de Muquans, entreprise pionnière dans le domaine des technologies quantiques

COMMENT AVEZ-VOUS DÉCOUVERT L'OPTIQUE ET LA PHOTONIQUE ?

Lorsque j'étais en classes préparatoires à Lille, nous avons eu la chance de réaliser des travaux pratiques d'Optique particulièrement didactiques, qui ont fait naître en moi une véritable passion pour l'étude de la lumière. J'ai naturellement pris la décision d'intégrer SupOptique à la fin de ma prépa. J'ai eu alors l'immense privilège de rencontrer Alain Aspect à l'institut d'Optique et de démarrer une collaboration avec lui dans le groupe d'optique atomique qu'il venait de monter. À la suite de mon diplôme d'ingénieur, j'ai poursuivi par une thèse sous sa direction visant à développer une expérience de condensation de Bose Einstein. Cette thèse a été d'une part une aventure extraordinaire, d'autre part elle m'a permis d'apprendre énormément, en tirant un bénéfice maximum de la supervision d'Alain.

APRÈS UNE THÈSE SUR UN SUJET FONDAMENTAL, VOUS SOUHAITEZ ALORS ÉVOLUER VERS LE MONDE DE L'ENTREPRISE

Ma thèse portait sur un sujet fondamental et, après l'obtention de mon doctorat en 1999, j'ai souhaité m'orienter vers des activités plus appliquées. Je souhaitais découvrir le monde de l'entreprise, en particulier le domaine des hautes technologies. Alain Aspect m'a alors proposé de monter une entreprise visant à développer des solutions laser pour les atomes froids. Il a ainsi organisé une rencontre avec Hervé Arditty, formidable entrepreneur

qui était alors PDG de Photonetics et qui a créé à la suite iXblue, pour m'accompagner dans ce projet, mais je ne me sentais pas encore prêt à monter une entreprise. J'ai donc décidé de rejoindre Corning pour travailler sur le développement d'amplificateurs pour les télécoms optiques. Ça a été une période très intense, avec une croissance du secteur très forte, des propositions d'embauche complètement folles... Jusqu'à l'éclatement de la bulle des télécommunications, l'arrêt de l'activité et mon licenciement. J'ai heureusement réussi à rebondir rapidement en rejoignant Thales Optronique où j'ai participé au développement de différents systèmes optroniques pour les applications militaires. Je n'y suis resté qu'une année mais j'en garde d'excellents souvenirs et ce passage chez TOSA aura été une passerelle très efficace pour la suite de ma carrière.

VOUS REJOIGNEZ ALORS LA DGA

J'ai effectivement rejoint la DGA en 2003. J'ai commencé par m'occuper d'activités dans le domaine de la guerre optronique et des armes laser avant de rencontrer en 2005 Pierre Guillon, conseiller scientifique du délégué général pour l'Armement, qui venait de créer la Mission pour la Recherche et l'Innovation scientifique (MRIS, ancêtre de l'AID). Pierre m'a proposé de prendre la responsabilité du domaine scientifique photonique au sein de cette nouvelle structure. Mon job consistait à identifier les technologies photoniques les plus prometteuses pour les applications de Défense et à accompagner les meilleurs laboratoires dans leurs projets

de recherche au travers de contrats de recherche ou de thèses de doctorat. J'ai beaucoup apprécié ce passage à la MRIS qui m'a permis de côtoyer des scientifiques de très haut niveau et de les aider à faire progresser leurs recherches avec des moyens satisfaisants, ce qui est très gratifiant.

MALGRÉ CES CONDITIONS DE TRAVAIL TRÈS FAVORABLES, VOUS PRENEZ LA DÉCISION DE VOUS LANCER DANS UN PROJET ENTREPRENEURIAL TRÈS INNOVANT

En effet, en décembre 2009, je reçois la visite de 2 anciens camarades de thèse, Philippe Bouyer du Laboratoire Charles Fabry de l'Institut d'Optique et Arnaud Landragin du SYRTE. Arnaud et Philippe étaient tous les deux chercheurs au CNRS, et experts en capteurs inertiels basés sur la manipulation d'atomes froids par laser. Ils venaient de déposer un brevet sur un gravimètre quantique et avaient l'intention de monter une entreprise pour le commercialiser. Philippe et Arnaud me présentent alors leur projet qui réveille en moi des souvenirs de thèse et cette passion pour la belle Physique. Ils me présentent également une étude de marché préliminaire qui me convainc de la possibilité de trouver des débouchés, et de la viabilité économique du projet d'entreprise. À la fin de la réunion, je leur annonce que je suis motivé pour rejoindre le projet et prendre la direction de l'entreprise. Je démissionne donc de la DGA en 2010 pour me consacrer pleinement à la préparation du projet, et nous prenons la décision de créer l'entreprise à

Bordeaux où Philippe Bouyer était en train de créer le LP2N à l'Institut d'Optique d'Aquitaine.

VOUS DÉCOUVREZ SUR BORDEAUX UN ÉCOSYSTÈME TRÈS FAVORABLE AU DÉVELOPPEMENT DE L'ENTREPRISE

Absolument. Pour commencer, ALPHANOV nous a offert des conditions d'incubation incroyables, en prenant par exemple mon salaire en charge pendant 1 an et en m'offrant un espace de travail. Nous avons par ailleurs bénéficié d'un soutien du Conseil Régional d'Aquitaine, d'un accompagnement par le technopôle Unitec et l'Incubateur Régional d'Aquitaine. Ensuite, j'ai pu interagir à Bordeaux avec de nombreux entrepreneurs en Photonique expérimentés (Nicholas Traynor d'ALS, Eric Mottay d'Amplitude, Philippe Métivier d'Eolite...) qui m'ont beaucoup aidé dans le montage du projet.

Grâce à tout cela, notre projet d'entreprise a rapidement progressé et nous avons créé Muquans début 2011, puis concrétisé les premiers recrutements et démarré notre programme de R&D en septembre 2011.

QUELS SONT LES CHALLENGES À RELEVER POUR COMMERCIALISER UN PRODUIT AVEC UN TEL NIVEAU DE TECHNOLOGIE ?

La conception d'un instrument de très haute technologie comme un gravimètre à atomes froids représente un défi technologique considérable et nous avons dû surmonter d'innombrables difficultés pour développer une version industrielle de ce produit. C'est un système qui fait appel à un grand nombre de technologies différentes : enceinte à vide, système laser intelligent, optique de précision, contrôle de champs magnétiques, mécanique et opto-mécanique, électronique bas bruit, informatique temps réel, micro-onde à très faible bruit de phase. Les compétences requises pour développer un tel système sont nombreuses sachant de plus que chacune de ces technologies doit être poussée à ses limites ultimes. Prenons l'exemple du système laser : celui-ci doit générer deux fréquences indépendantes, avec une largeur de

raie de l'ordre de 10 kHz, connues avec une exactitude de 100 kHz, et doit présenter une accordabilité rapide avec des sauts de fréquence de l'ordre de 1 GHz en moins d'1 msec. Par ailleurs, pendant la phase d'interrogation des atomes, les 2 fréquences doivent être verrouillées en phase avec un bruit de phase inférieur à 20 mrad. Rajoutons à cela des contraintes industrielles pour que ce système soit transportable, et facile d'utilisation tout en fonctionnant dans des conditions expérimentales difficiles, et vous avez une bonne idée de la difficulté du problème à affronter.

QUEL A ÉTÉ LE TEMPS NÉCESSAIRE POUR DÉVELOPPER LE PREMIER SYSTÈME ?

Fort heureusement, nous ne sommes pas partis de zéro car Muquans est une spin-off de 2 laboratoires académiques, le Syrte et le Laboratoire Charles Fabry, disposant d'une très grande expertise dans le domaine. Nous avons ainsi pu bénéficier des 20 années d'expériences acquises par les équipes de ces laboratoires sur les capteurs inertiels à atomes froids, et leur apport pour la réussite de notre projet a été considérable. Nous avons ainsi réussi à développer ●●●

Gravimètre quantique absolu déployé au sommet de l'Etna pour la surveillance du volcan.



un prototype de première génération en 2 ans environ avec une première validation convaincante fin 2013. La livraison de la première unité série a été réalisée fin 2015. Il s'agissait à cette époque d'un gravimètre de laboratoire et nous savions qu'il fallait encore améliorer le système pour produire une version de terrain. Il nous a fallu encore 4 ans pour développer cette version et les premières unités ont été livrées à la fin de l'année 2019. Au final, c'est donc un développement qui s'est étalé sur une dizaine d'années.

QUELLE EST LA SITUATION CONCURRENTIELLE DANS LE DOMAINE DES CAPTEURS INERTIELS PAR ATOMES FROIDS ?

Nous n'avons pas vu à ce jour de produit commercial concurrent mais différentes sociétés nous talonnent et nous avons connaissance de plusieurs projets en cours. Nous restons donc à ce stade les seuls à maîtriser l'ensemble de la chaîne pour commercialiser des systèmes basés sur une technologie aussi innovante. Ce serait toutefois une grosse erreur de sous-estimer nos concurrents et nous poursuivons notre effort de R&D pour maintenir notre avance.

AVEZ-VOUS PARFOIS DOUTÉ FACE AUX NOMBREUX DÉFIS À RELEVER ?

Comme je l'ai dit tout à l'heure, nous avons dû affronter une myriade de difficultés et les déceptions ont été nombreuses. Il m'est donc arrivé de douter... Mais jamais très longtemps. J'ai eu la chance de m'appuyer sur une équipe de collaborateurs formidablement compétents et incroyablement motivés. Chacun a su faire preuve d'une grande combativité pour trouver les solutions aux problèmes rencontrés car tout n'a pas marché du premier coup, loin de là. L'aspect financier a été également une source de stress car le développement de l'instrument a pris plus de temps que prévu et nous avons pris du retard sur notre Business Plan. Il a donc fallu trouver des solutions pour continuer à financer l'activité.

D'un point de vue émotionnel, je dois reconnaître que ce projet n'a pas été un long fleuve tranquille et il a fallu être solide nerveusement pour réussir à traverser les moments difficiles.

VOUS AVEZ ÉTÉ PRÉCURSEURS DES TECHNOLOGIES QUANTIQUES

Effectivement, lorsque nous avons démarré, il n'y avait qu'une petite poignée de sociétés travaillant sur les technologies quantiques et nous avons fait partie des pionniers dans le domaine. Je pense pouvoir dire que nous avons été les premiers à montrer qu'il était possible d'utiliser des instruments basés sur la manipulation quantique d'atomes refroidis de façon opérationnelle.

Notre travail a sans doute contribué à faire émerger la vague de startups dans les technologies quantiques que l'on observe aujourd'hui, et c'est incroyable de voir à quel point le domaine s'est développé au cours des 10 dernières années. Je pense qu'il faudra encore plusieurs années pour voir l'impact industriel de ces projets car ces technologies demandent un effort de développement très significatif. Je suis curieux de voir ce qui va se passer.

COMMENT S'EST DÉVELOPPÉE L'ENTREPRISE ?

Au cours de la vie de l'entreprise, plusieurs opportunités sont apparues, notamment avec le développement de notre horloge atomique et les solutions de transfert de fréquence sur les fibres optiques du réseau RENATER dans le cadre du projet REFIMEVE. Nous sommes maître d'œuvre industriel de ce projet depuis 2014, en collaboration avec le LPL et le SYRTE, et ce réseau est maintenant opérationnel.

Par ailleurs, toutes les technologies lasers développées pour nos gravimètres peuvent trouver des applications dans d'autres domaines. Nous livrons par exemple des sources laser à l'entreprise Pasqal, qui développe des processeurs quantiques basés sur la manipulation d'atomes froids. J'ai d'ailleurs participé au lancement de cette société très prometteuse dont la technologie se base

sur les recherches menées par Antoine Browaeys et Thierry Lahaye à l'Institut d'Optique, et qui a connu un essor absolument incroyable depuis sa création. Nous travaillons également avec le CNES qui a beaucoup aidé Muquans pour la spatialisation de nos technologies laser et initié le développement d'un gravimètre spatial. Nous participons ainsi au projet CARIOQA qui vise à lancer un accéléromètre quantique en orbite basse à l'horizon 2030.

Toutes ces activités nous ont permis d'atteindre l'équilibre financier rapidement et Muquans a été bénéficiaire dès 2016, avec un fort niveau d'exportation (Chine, US, ...). Afin de poursuivre notre développement, nous avons souhaité nous adosser à un grand groupe industriel. Nous avons identifié depuis plusieurs années iXblue comme un repreneur idéal pour nous accompagner dans notre projet de développement d'entreprise, et Muquans a fusionné en 2021 avec iXblue. Avec un recul de 2 ans, je dois dire que cette fusion a été une opération extrêmement positive pour nos activités et tous les bénéfices que nous envisagions se sont concrétisés. iXblue nous a permis d'accéder à une gamme de technologies absolument uniques, à des méthodes et des outils industriels de tout premier plan et un réseau commercial extrêmement dynamique partout dans le monde. iXblue a été depuis rachetée par le groupe Gorgé pour donner lieu à la société Exail. Depuis le début de l'année, Exail m'a proposé de reprendre la stratégie photonique du groupe, ce qui représente une opportunité incroyable et un défi formidablement motivant. Le groupe dispose en effet d'un arsenal de technologies photoniques absolument uniques : une activité sur les fibres spéciales à Lannion, les solutions de modulation à Besançon, les capteurs quantiques et les systèmes photoniques à Bordeaux. Le potentiel de développement est donc gigantesque. Nous avons identifié de nombreuses opportunités pour poursuivre notre croissance et c'est un chantier absolument passionnant. ●



Entretien avec Frédérique de Fornel

**Directrice de recherche au CNRS,
spécialiste de la microscopie en champ proche optique**

COMMENT AVEZ-VOUS DÉCOUVERT LA PHYSIQUE ?

J'ai toujours voulu faire de la recherche en physique, depuis le lycée. C'est un choix personnel. Après le lycée, j'ai fait un choix particulier en décidant d'aller étudier en faculté plutôt que d'intégrer des classes préparatoires. Je voulais apprendre et appréhender les concepts de la physique et des mathématiques. J'ai suivi mon cursus universitaire à l'université de Limoges.

COMMENT VOUS ÊTES-VOUS SPÉCIALISÉE EN OPTIQUE ?

Durant ma licence, l'équipe d'optique dirigée par Mme Gaultier Du Marache avait un contrat DGA et avait besoin de quelqu'un pour participer au travail de l'équipe durant quelques mois. J'ai pu remplir cette fonction avec intérêt et plaisir. Quelque temps ensuite, Jacques Arnaud chercheur au Bell Labs s'installait à Limoges pour monter une équipe de recherche sur les fibres optiques. On est venu me proposer dès le début de l'année du DEA de réaliser mon stage de DEA sous sa direction. Une thèse dans le même domaine a débuté ensuite. Un point fort à Limoges était d'avoir une culture scientifique très forte à la fois en micro-ondes et en optique.

QUEL ÉTAIT LE SUJET DE VOTRE THÈSE ?

Le sujet portait sur les couplages de modes et les micro-courbures dans les fibres optiques. Sous l'initiative de Paul Facq, nous avons développé un projet autour de l'excitation d'un mode unique dans une fibre optique multimode. L'idée proposée par P. Facq pour exciter de façon efficace un mode unique sur les dizaines de modes d'une fibre multimode consistait à injecter dans la fibre la distribution d'intensité et de phase correspondant au mode sélectionné. Après avoir validé

cette idée, j'ai pu montrer que l'effet des microcourbures sur la propagation de ces modes uniques dépendait directement du spectre des microcourbures et du profil d'indice des fibres étudiées.

VOUS ÊTES ALORS RECRUTÉE AU CNRS

J'ai été auditionnée au concours du CNRS en mai 1981, avant la soutenance de ma thèse. J'ai présenté un projet pour mener des recherches sur le couplage de modes et les composants fibrés à l'IRCOM, dirigé par Y. Garault, qui est aujourd'hui devenu le laboratoire XLIM. À ma grande joie, j'ai été sélectionnée et j'ai ainsi pu démarrer mes activités de recherche dès le mois d'octobre 1981.

COMMENT SE SONT DÉROULÉES VOS PREMIÈRES ANNÉES DE RECHERCHE ?

Les premières années ne se sont pas déroulées comme prévu. Tout d'abord, Jacques Arnaud a quitté Limoges, ceci m'a amenée à faire évoluer mon projet de recherche. J'ai commencé à élaborer un programme numérique pour déterminer les modes des fibres optiques pour différents profils d'indice. Ensuite, mon mari est parti effectuer un post-doctorat à Londres et j'en ai profité pour effectuer un détachement à Southampton dans l'équipe d'Alec Gambling et Dave Payne. J'avais beaucoup travaillé sur les fibres multimodes et j'avais senti l'importance de travailler sur des fibres monomodes. Cette équipe était à la pointe dans ce domaine. J'ai appliqué ma modélisation aux différentes fibres réalisées puis j'ai déterminé analytiquement le couplage par champ évanescent entre ces fibres. En parallèle, j'ai participé à la réalisation de coupleurs puis j'ai mis au point une technique de fabrication de polariseurs à partir de fibres de type « bow-tie ». Pour ceci j'ai exploité la propriété du

mode fondamental qui n'a pas la même fréquence de coupure suivant sa polarisation. De retour à l'IRCOM en 1984, j'ai développé une plateforme de fabrication de coupleur par chauffage microonde, pour réaliser des multiplexeurs démultiplexeurs modaux. Nous avons pu transférer ce procédé, breveté, à une entreprise. C'est à cette époque que j'ai co-encadré avec Paul Facq mon premier doctorant, Dominique Pagnoux.

POURQUOI DÉCIDEZ-VOUS ALORS DE REJOINDRE L'UNIVERSITÉ DE BOURGOGNE ?

Mon mari avait obtenu un poste de chercheur dans une entreprise pharmaceutique à Dijon. Après une année de congés parental pris après la naissance de notre troisième enfant, j'ai rejoint l'équipe alors dirigée par Jean-Pierre Goudonnet à l'université de Bourgogne. J'ai été séduite par l'idée de travailler sur les plasmons de surface dans cette équipe qui avait une expertise forte dans ce domaine. Ce changement thématique s'est accompagné d'un changement de section CNRS, de la section 08 à la 04.

ET VOUS DÉCOUVREZ ALORS LA MICROSCOPIE EN CHAMP PROCHE OPTIQUE

À cette époque, les microscopies en champ proche connaissaient un essor international. L'équipe de Dijon avait une collaboration avec Thomas Ferrell, du Oak Ridge National Laboratory qui avait commencé des travaux dans ce domaine. Nous avons alors développé plusieurs microscopes en champ proche optique dont un sur la base d'un PSTM (photon scanning tunneling microscope) où une fibre amincie vient collecter par effet tunnel optique le champ au voisinage de l'échantillon. Nous avons obtenu nos premières images en 1989.



Représentation artistique des ondes évanescentes, vignette de l'ouvrage Ondes évanescentes peinte par D. de Fornel.

L'équipe de Daniel Courjon, à Besançon, à une centaine de kilomètres de là, développait une technique de champ proche similaire. Et c'est lors d'une rencontre en 1989 à une conférence que nous nous sommes rendus compte que nous travaillions sur des sujets similaires. Nous avons reçu le prix Fabry de Gramont de la SFO pour nos travaux respectifs sur ce sujet de la microscopie optique en champ proche.

VOUS VOUS INVESTISSEZ ALORS PLEINEMENT DANS CE SUJET DE RECHERCHE

Nous avons continué à faire évoluer nos microscopes. Il fallait fabriquer des pointes de champ proche, étudier le couplage avec la fibre, rechercher les échantillons de référence... Bref, il y avait beaucoup de sujets à défricher. Ces travaux ont été réalisés avec Laurent Salomon dans le cadre de sa thèse. Nous avons étudié le champ proche de réseaux de diffraction et Michel Nevière du Laboratoire d'Optique Electromagnétique à Marseille nous a apporté son expertise pour l'analyse d'images de réseaux. Je connaissais cette équipe de Marseille car Roger Petit fut mon parrain durant mes toutes

premières années au CNRS et j'avais « planché » devant les membres de son laboratoire lorsque j'étais rentrée au CNRS.

COMMENT SE SONT DÉROULÉES VOS EXPÉRIENCES PIONNIÈRES SUR L'OBSERVATION DE PLASMONS DE SURFACE ?

Les plasmons de surface ont la propriété d'avoir leur champ électromagnétique fortement exalté à l'interface où ils existent. Ils étaient tout naturellement des objets d'étude pour le PSTM. Avec Laurent Salomon, nous avons détecté et étudié ces plasmons de surface mais avec Paul Dawson, nous avons excité localement un tel plasmon et avons pu étudier sa propagation. Les premières mesures ont été faites avec une technique qui n'est plus utilisée actuellement, car les techniques d'asservissement « shear force » n'étaient pas matures à l'époque, et nous devions asservir à une autre longueur d'onde (voir l'article Photoniques **113**, 32 (2022)).

QUELS ONT ÉTÉ PAR LA SUITE VOS PRINCIPAUX DOMAINES DE RECHERCHE ?

Le sujet du champ proche optique est très riche en soi mais également très riche par les domaines où il peut être étudié. Un sujet qui m'intéressait particulièrement était celui de la cohérence en champ proche. Des mesures en fonction de la cohérence de la source, ont été menées. Jean Jacques Greffet et ses étudiants de l'époque, Anne Sentenac et Rémi Carminati, ont effectué des simulations correspondantes qui ont validé nos observations. Nous avons également travaillé sur les images d'émission de fluorescence, Patrick Chaumet et Adel Rahmani ont développé des modélisations numériques correspondantes. En 1996, après la création de mon équipe, nous avons continué avec Laurent Salomon l'étude de plasmons. Il a ainsi réalisé une très belle étude théorique sur les tamis à photons avec Anatoly Zayats actuellement au King's college à Londres. Je me suis beaucoup intéressée aux composants optiques, par exemple à la génération de seconde harmonique dans des guides de tantalate de lithium ou sur le vieillissement des fibres optiques en milieux sévères,

thèse de Lotfi Berguiga qui a également développé pour les mesures en champ proche un asservissement de type « shear force ». Ceci nous a permis d'étudier au mieux les structures à cristaux photoniques pour la plasmonique ou l'optique intégrée. L'observation de modes de cavité à cristaux photonique, thèse de Davy Gérard a été faite avec une équipe de Lyon, notamment Xavier Letartre, Christian Seassal et Ségolène Callard. À ce moment, Benoit Cluzel a rejoint l'équipe durant sa thèse puis comme membre permanent. Nous avons établi alors une collaboration forte avec le CEA à Grenoble pour travailler sur les guides en silicium et les cavités Si à cristaux photoniques. Nous avons monté un laboratoire de recherche commun, LRC, avec le CEA sur ce sujet. Un sujet qui m'a toujours intéressée est celui de l'interaction entre la sonde de champ proche et l'objet que l'on observe. La question qui se posait ici était la suivante : est-ce qu'un objet de taille nanométrique peut modifier les conditions de résonance d'une cavité ? Nous avons ainsi pu montrer que l'on peut accorder l'émission d'une cavité en jouant sur la position de la sonde. Par la suite, nos microscopes en champ proche se sont vu adjoindre la mesure hyperspectrale, développée dans le cadre de la thèse de Jean Dellinger. Je ne peux citer tous les travaux menés dans mon équipe mais je voudrais rappeler l'observation en champ proche de la refocalisation au travers d'une lentille parfaite et la démonstration en champ proche d'un tapis d'invisibilité. Ces travaux ont été réalisés en collaboration avec Olivier Vanbesien l'IEMN à Lille et Boris Gralak de l'institut Fresnel à Marseille.

VOUS VOUS ÊTES BEAUCOUP IMPLIQUÉE DANS L'ORGANISATION ET L'ANIMATION DE RECHERCHE

Je pense en effet qu'il est important de s'impliquer pour la communauté scientifique en s'investissant dans des activités d'organisation de la recherche. Outre la création de mon équipe (1996),

je me suis impliquée dans le CNU où j'ai effectué 3 mandats. Une activité qui m'a beaucoup plu a été l'animation du GDR Ondes (sous-directeur de 2006 à 2010, directeur de 2010 à 2016). J'admire le travail qu'a fait Daniel Maestre et l'ouverture d'esprit dont il a fait preuve pour monter ce GDR qui se base sur le concept de l'onde, de l'acoustique à l'optique. Dès la conception de ce GDR, un club des partenaires a été créé. J'ai pris 8 brevets au cours de ma carrière et je suis sensible à l'aspect valorisation et aux applications de nos recherches. Cette ouverture vers le monde industriel est bénéfique pour tous et en premier lieu pour les étudiants. Cela a été un honneur de prendre le relai de Daniel Maestre et de Dominique Lesselier en 2010. Cette époque correspond aussi à mon mandat de présidente d'URSI France.

VOUS VOUS ÊTES ÉGALEMENT INVESTIE DANS LA POLITIQUE SCIENTIFIQUE DU CNRS ET DE PLUSIEURS UNIVERSITÉS

En 2016, le CNRS m'a proposé de m'impliquer dans la politique de site. J'ai occupé un poste de DAS à l'Institut de Physique où j'avais en charge la politique de site de l'institut, la CID54 et l'interface Physique-Vivant. En même temps, j'ai été ADSR sur les sites de Grenoble, de Paris Saclay, de Polytechnique et sur celui de l'université de Paris. Cette activité était très intéressante car nous interagissions avec beaucoup d'interlocuteurs, parfois aux avis contraires, afin de faire avancer les projets et de créer des centres universitaires de premier plan. Je me suis investie dans ces missions jusqu'à l'été 2019 durant lequel j'ai pris ma retraite. J'ai poursuivi mon activité en tant que chargée de mission à l'INP jusqu'en 2021.

VOUS AVEZ ÉGALEMENT UNE FORTE ACTIVITÉ ÉDITORIALE

Je considère que la diffusion des sciences est une activité très importante pour les métiers de la recherche. En 1997, j'ai publié un premier ouvrage sur les ondes évanescentes aux éditions

Eyrolles, puis publié par Springer en anglais (figure). J'ai participé à l'écriture de plusieurs autres livres. Actuellement, je fais partie du comité éditorial des CRAS physique et du comité éditorial d'ISTE-Wiley pour le domaine des « Ondes ». Initialement nous étions deux en charge du domaine « Ondes » Pierre-Noël Favennec et moi-même. Depuis son décès en 2021, je suis seule à gérer ce domaine pour les ouvrages comme pour le projet d'encyclopédie « Sciences » (cf note). C'est un travail de longue haleine, j'apprécie les échanges avec les auteurs qui viennent de domaines variés et qui appréhendent la physique de façons différentes.

QUELS SONT LES ASPECTS DE VOTRE ACTIVITÉ QUE VOUS AIMERIEZ VOIR SE RENFORCER DANS L'AVENIR ?

L'éméritat me permet de poursuivre mes activités, qu'elles soient éditoriales ou de recherche. Je participe, pour l'aspect champ proche optique, au projet Equipex « Smartlight » porté par Benoit Cluzel.

Nous avons une grande liberté de recherche au CNRS. Même si le problème des financements persiste, je pense avoir trouvé, tout au long de ma carrière, l'équilibre pour gérer ma recherche avec beaucoup de liberté. On peut prendre réellement plaisir en y menant des recherches aussi bien fondamentales qu'appliquées. J'ai eu le plaisir d'enseigner durant de nombreuses années, j'ai apprécié le contact avec les étudiants et l'acte de transmettre un peu de connaissance. La formation par la recherche est aussi une notion dans laquelle je me suis beaucoup investie. J'ai encadré et co-encadré 22 thèses qui ont largement contribué à faire avancer les projets de recherche. Les résultats obtenus avec mes collègues et les étudiants l'ont été grâce aux échanges que nous avons eus tous ensemble. Cet aspect coopératif fait la beauté de notre travail. Je n'ai pas pu citer tous ceux que j'ai croisés et avec qui j'ai échangé tout au long de ma carrière, j'espère qu'ils se reconnaîtront et je les remercie. ●