



Entretien avec Céline Fiorini-Debuisschert

Directrice de recherche au CEA, spécialiste de nanophotonique et d'optique non linéaire, co-coordinatrice du PEPR LUMA et directrice adjointe de l'Institut IRAMIS du CEA.

<https://doi.org/10.1051/photon/202613916>

COMMENT VOUS ÊTES-VOUS ORIENTÉE VERS DES ÉTUDES SCIENTIFIQUES ?

Je viens d'une famille qui n'était pas du tout scientifique, et d'un tout petit village de province. Les sciences, je ne les ai donc pas vraiment héritées à la maison : je les ai découvertes à l'école, au fil des cours, et progressivement j'y ai pris goût. À l'époque, quand on s'en sortait bien, on suivait assez naturellement une filière scientifique. J'ai donc choisi maths-physique, sans avoir de projet extrêmement précis. Mon idée initiale était plutôt d'aller vers la recherche médicale. C'était une sorte de rêve de petite fille : travailler sur des sujets utiles, proches du vivant et de la santé, et contribuer à mieux comprendre certaines pathologies ou certains mécanismes biologiques. Mais lorsque j'ai commencé à me renseigner auprès des services d'orientation, on m'a expliqué que le parcours était long, complexe, avec beaucoup d'incertitudes, et qu'il valait mieux viser une formation plus large pour garder davantage de possibilités ouvertes. C'est ainsi que je me suis retrouvée en classe préparatoire, puis, au moment des concours, avec le choix de quelques écoles, dont SupOptique (IOGS aujourd'hui).

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

En classe préparatoire, j'avais beaucoup apprécié les cours d'électromagnétisme. Mais je ne mettais pas encore vraiment le mot « optique » dessus. L'image que l'on a de l'optique au lycée ou en prépa est souvent assez restreinte, très liée à l'optique géométrique : les lentilles, les rayons, les instruments simples. En réalité, l'étendue

du domaine, et plus largement de la photonique, je l'ai véritablement découverte à SupOptique. Les cours montraient à quel point la lumière intervient dans des domaines extrêmement variés : lasers, matériaux, capteurs, télécommunications, imagerie... C'est un domaine qui permet à la fois de faire de la physique très fondamentale et de développer des dispositifs très concrets. Cette double dimension m'a beaucoup plu. En troisième année, j'ai choisi une option orientée recherche en optique non linéaire. Je me souviens notamment de cours d'optique ultra-rapide (dont un de François Salin !) ou d'optique non linéaire dans les matériaux organiques (par J. Zyss et I. Ledoux) qui m'avaient beaucoup intéressée, et qui ont contribué à mes choix par la suite.

DANS QUELS GROUPES AVEZ-VOUS RÉALISÉ VOS PROJETS ET STAGES ?

Nous avons déjà une première immersion dans la recherche en travaillant deux jours par semaine dans un laboratoire sur un projet scientifique. C'est à ce moment-là que j'ai pris contact avec l'équipe de Fabrice Charra et Jean-Michel Nunzi du CEA Saclay dans laquelle je réaliserai ensuite ma thèse, autour des interférences bifréquence en milieu moléculaire. Mais j'avais aussi envie d'une expérience à l'étranger. J'avais identifié une proposition de stage chez Gérard Mourou, aux États-Unis sur un sujet très différent, en lien avec l'élargissement et la compression d'impulsions. Le sujet m'intéressait beaucoup et l'idée d'un séjour à l'étranger me plaisait vraiment, mais celui-ci n'a finalement pu être concrétisé faute de financement. J'ai donc dû rebondir et je me suis retrouvée en contact avec Claude Rouyer, dans un autre

centre CEA. J'ai finalement réalisé mon stage de fin d'études avec lui, orienté vers les lasers de puissance. Ce changement de direction m'a permis de découvrir un autre univers scientifique, avec des problématiques très éloignées de celles que j'avais explorées jusque-là.

DANS QUEL CADRE SE DÉROULAIT CE STAGE ?

Le stage se déroulait au CEA, sur le site de Limeil-Valenton, qui a depuis été fermé. Une partie des activités et des équipes ont ensuite migré vers d'autres sites (Bordeaux et Bruyère le Chatel), notamment dans le cadre des infrastructures liées au Laser Mégajoule. Je travaillais à l'époque sur le laser Phébus. Mon stage portait sur des problématiques liées à la chaîne CPA, c'est-à-dire l'étirement des impulsions, leur amplification, puis leur compression, et les aberrations optiques temporelles associées à ces différentes étapes. Il a donné lieu à ma première publication !

COMMENT AVEZ-VOUS CHOISI LE SUJET DE VOTRE THÈSE ?

Ce stage aurait pu déboucher sur une thèse dans le domaine des lasers de puissance. Il y avait aussi, en arrière-plan, la montée en puissance des grands projets laser, notamment autour du Laser Mégajoule. On sentait déjà qu'une dynamique importante se mettait en place. Mais j'avais également une autre possibilité de thèse, au CEA à Saclay, sur un sujet plus proche de l'optique non linéaire et des matériaux organiques. J'ai donc dû choisir entre deux trajectoires : rester dans le domaine des lasers de puissance et des grandes chaînes laser, ou m'orienter vers des recherches plus fondamentales sur les matériaux et les phénomènes non

linéaires. Finalement, j'ai choisi cette seconde voie, qui était dans la prolongation de mon projet de fin d'études et correspondait davantage à ce qui m'avait attirée à la fin de mes études d'ingénieur.

QUEL ÉTAIT LE SUJET DE VOTRE THÈSE ?

Ma thèse portait sur l'optique non linéaire, en particulier sur le mélange d'ondes et la génération de somme de fréquences. À l'époque, l'une des problématiques était de produire des lasers bleus à partir de lasers rouges grâce à des dispositifs de doublage de fréquence. Les lasers bleus n'étaient pas encore disponibles et il y avait une forte activité dans ce domaine. Dans les matériaux organiques, une approche classique consistait à disperser des molécules dans un polymère puis à les orienter par « poling » électrique. On chauffe le polymère au-delà d'une certaine température, on applique un champ électrique, les dipôles moléculaires s'orientent et on obtient un matériau non centrosymétrique capable de générer une réponse du second ordre. Mon sujet consistait à explorer une approche entièrement optique. L'idée reposait sur une interférence bifréquence entre un faisceau fondamental et son faisceau doublé. À l'échelle moléculaire, cela permet d'induire des excitations par un photon ou par deux photons, et l'interférence entre ces processus introduit un terme croisé qui favorise certaines orientations de dipôles. Cela conduit à une orientation induite par la lumière elle-même, qui peut d'ailleurs aussi être appliquée au cas de molécules non dipolaires !. En jouant sur la polarisation et le déphasage des champs à fréquence fondamentale/double, on peut entièrement contrôler les géométries d'orientation des molécules et on montre que cette technique permet une organisation en profondeur des molécules, jusqu'à une limite liée notamment à l'absorption du matériau. Cette structuration photoinduite et modulée de l'orientation dans la profondeur du matériau mène par ailleurs à un accord de phase intrinsèque du matériau pour le doublage de fréquence. C'était un sujet à la fois très fondamental dans ses mécanismes et très motivant par les perspectives applicatives qu'il portait.

DANS QUEL CONTEXTE SCIENTIFIQUE S'INSCRIVAIENT CES RECHERCHES ?

Ces travaux s'inscrivaient dans une série d'observations qui avaient marqué la communauté scientifique. On avait observé de la génération de seconde harmonique dans des fibres de silice après injection d'un laser infrarouge relativement puissant. C'est d'une certaine façon un exemple de sérénité en science : on injecte le laser (1064 nm), on laisse tourner l'expérience, et en revenant de la cantine on découvre qu'il y a du vert (532 nm) qui sort de la fibre. Il faut alors comprendre ce qui s'est passé, construire des hypothèses, proposer des mécanismes, discuter le rôle des défauts, des couplages et des phénomènes d'organisation induite. Au CEA, l'idée, proposée initialement par F. Charra/J.M. Nunzi était de se dire que si un matériau comme la silice, peu non linéaire au départ, pouvait manifester ce type d'effets, alors des molécules possédant intrinsèquement une hyperpolarisabilité plus forte devraient permettre des réponses encore plus efficaces, à condition de savoir les orienter. C'est cette intuition qui a nourri le sujet de ma thèse.

QUEL A ÉTÉ VOTRE PARCOURS APRÈS LA THÈSE ?

J'ai soutenu ma thèse en juin 1995 et j'ai été recrutée quasiment dans la foulée dans le même laboratoire, au CEA. Le laboratoire était rattaché à ce qui est aujourd'hui la Direction de la Recherche Technologique, donc dans un environnement plutôt orienté vers la recherche appliquée, même si mon groupe conservait une forte composante fondamentale. C'était une période où l'on pouvait encore être recruté très rapidement après la thèse, sans passer nécessairement par un post-doctorat. J'ai donc enchaîné très directement avec mes premières responsabilités de chercheuse.

QUELS ONT ÉTÉ VOS PREMIERS PROJETS DE RECHERCHE ?

J'ai travaillé sur plusieurs thématiques qui étaient alors très actives : les débuts des diodes électroluminescentes organiques, le photovoltaïque organique et des projets de capteurs chimiques. Pour ces derniers, j'ai été amenée à monter une petite équipe en recrutant en particulier une collègue

chimiste afin de développer des matériaux spécifiques tandis que je travaillais à la mise en place de systèmes originaux de transduction optique, *i.e.* une lecture optique pertinente de la présence de molécules cibles.. Nous nous sommes particulièrement intéressés à des polymères « à empreinte moléculaire » capables de reconnaître sélectivement certaines molécules. L'enjeu était d'aboutir à des capteurs à la fois extrêmement sélectifs et extrêmement sensibles. Cette période, riche en nouveaux développements, m'a permis d'élargir mon spectre scientifique, tout en restant à l'interface entre matériaux, optique et applications.

VOUS DÉCIDEZ ENSUITE DE REVENIR VERS DES RECHERCHES PLUS FONDAMENTALES.

Oui. Je suis restée un peu moins de dix ans dans cet environnement de recherche appliquée avant de rejoindre la Direction de la Recherche Fondamentale du CEA. C'était un choix scientifique, mais aussi personnel. Cela a coïncidé avec une période de congé maternité qui m'a donné l'occasion de prendre du recul et de réfléchir à l'évolution de mes activités. J'avais envie de revenir vers des questions plus fondamentales, avec une plus grande liberté d'exploration scientifique. Ce changement a marqué une nouvelle phase de mon parcours.

COMMENT ÊTES-VOUS ARRIVÉE AUX THÉMATIQUES DE CHAMP PROCHE OPTIQUE ?

Le point de départ était un verrou expérimental : dans les techniques de champ proche optique, le rapport signal-bruit est souvent limité. À cette époque, différentes propositions avaient été faites pour contourner ce problème *via* le développement de « sondes actives », consistant par exemple à ancrer un nano-objet fluorescent à l'extrémité d'une pointe pour améliorer la détection en isolant le signal *via* un filtrage spectral. Dans le laboratoire que j'ai rejoint, il y avait une forte activité autour de la microscopie STM (Scanning Tunneling Microscopy). L'idée a été d'exploiter le champ électrique très localisé dans une jonction STM pour organiser des molécules dipolaires et créer localement une nano-source optique *via* un doublage de fréquence. Le projet nécessitait ●●●

de coupler une excitation laser titane-saphir à un STM développé au laboratoire, avec un cahier des charges complexes car ce qui est optimal pour la stabilité STM ne l'est pas forcément pour la collecte optique et vice versa, le compromis n'était pas nécessairement évident ! Après avoir testé différentes configurations expérimentales, nous avons abouti à un montage basé sur un microscope inversé associé à une pointe métallique pilotée par un système piézoélectrique.

VOUS AVEZ ENSUITE TRAVAILLÉ SUR LA PLASMONIQUE ET LA NANOPHOTONIQUE.

Oui. Je me suis intéressée notamment à la fluorescence à deux photons pour des applications d'imagerie en profondeur, avec des collaborations, par exemple, avec l'équipe de M.P. Teulade-Fichou de l'Institut Curie. Cela m'a progressivement conduite à travailler à la fois avec des biologistes et des chimistes pour la synthèse de nanoparticules métalliques, l'objectif étant d'exalter la fluorescence de marqueurs *via* leur couplage à des objets plasmoniques colloïdaux, voire d'utiliser directement leur propriétés d'émission comme dans le cas de nanobâtonnets d'or. Ces objets présentent des propriétés remarquables : la luminescence à deux photons peut être très intense grâce aux exaltations locales de champ associées aux résonances plasmoniques longitudinales et transverses. Ce sont des objets très simples en apparence, mais extrêmement riches physiquement, et cette période a été pour moi très stimulante, parce qu'elle m'a permis de passer progressivement de la microscopie en champ proche à la plasmonique, tout en gardant un fil conducteur autour des interactions lumière-matière à l'échelle nanométrique.

COMMENT VOTRE IMPLICATION DANS LES STRUCTURES DE RECHERCHE S'EST-ELLE DÉVELOPPÉE ?

À partir de 2014, j'ai progressivement partagé mon temps entre la recherche et l'animation scientifique, à la fois au CEA et dans le cadre de l'université Paris Saclay. J'ai notamment été impliquée dans la coordination du Labex NanoSaclay puis dans

la création de l'Institut des NanoSciences, PSiNano. L'idée était de promouvoir la dynamique interdisciplinaire entre physiciens, chimistes et biologistes. Beaucoup de projets intéressants naissent à ces interfaces, mais ils demandent aussi du temps, de l'organisation et une capacité à faire dialoguer des communautés qui n'ont pas toujours les mêmes méthodes ni les mêmes langages. C'est ce qui m'a progressivement amenée à prendre davantage de responsabilités dans la structuration de ces communautés scientifiques.

COMMENT ET POURQUOI AVEZ-VOUS CRÉÉ L'INSTITUT DES NANOSCIENCES ?

L'Institut des nanosciences a été créé en 2022. Avec Ariel Levenson qui en était l'investigateur, nous avons travaillé à renforcer les interactions entre disciplines *via* une logique d'invention collective : pas seulement un biologiste qui vient interroger un physicien ou un chimiste autour d'une question ponctuelle, ou l'inverse, mais de véritables temps de réflexion où tout le monde est à égalité et où l'on cherche à faire émerger des idées nouvelles, parfois plus disruptives. Ce n'est pas facile, parce que cela prend du temps, cela demande d'accepter de sortir de sa zone de confort, mais c'est très stimulant. Nous avons monté un comité dédié avec des représentants de différentes composantes : nanoélectronique, nanophotonique, nanochimie, nanomagnétisme, nanobio... L'un des enjeux était aussi d'associer les autres structures de Paris Saclay, Graduate Schools et autre Instituts, notamment l'Institut Pascal et l'Institut des Sciences de la Lumière piloté par Jean-Jacques Greffet, avec qui nous avons donc travaillé en concertation, par exemple sur la nanophotonique, pour articuler les initiatives et éviter les redondances.

QUELLES SONT AUJOURD'HUI VOS PRINCIPALES RESPONSABILITÉS ?

J'ai été nommée adjointe scientifique à l'Institut IRAMIS du CEA en 2023, puis directrice adjointe en 2025. Parallèlement, j'ai pris en 2024 la co-direction du PEPR LUMA, co-coordonné par le CNRS et le CEA, et consacré aux interactions lumière-matière. C'est une thématique dans laquelle

je me reconnais, parce qu'elle associe justement les diverses dimensions qui ont traversé mon parcours : l'interdisciplinarité, les matériaux, les nanosciences, la photonique, mais aussi le lien avec des enjeux sociétaux plus larges : santé, énergie ... Je connaissais par ailleurs parfaitement Rémi Métivier, co-directeur CNRS, pour avoir précédemment collaboré avec lui sur différents projets scientifiques !

POUEZ-VOUS DÉCRIRE LES GRANDES LIGNES DE CE PEPR ?

Le programme LUMA vise à structurer la recherche française autour des interactions lumière-matière. Il s'organise autour de quatre grands axes : lumière chirale, énergie, matériaux et santé. Il y a une grande diversité de sujets, mais un fil conducteur très fort : utiliser la lumière comme outil d'analyse, de contrôle ou de transformation, au croisement de plusieurs disciplines. Un aspect important du programme est aussi le développement de plateformes expérimentales ouvertes à l'ensemble de la communauté scientifique. Ces plateformes permettent à des chercheurs d'accéder à des équipements avancés, par exemple en spectroscopie ultrarapide ou pour l'étude dite « operando » de processus photochimiques. Elles sont pensées comme des lieux de mutualisation et d'ouverture, y compris pour des équipes qui ne sont pas directement financées par des projets LUMA.

COMMENT VOYEZ-VOUS L'ÉVOLUTION DE CES PROGRAMMES DANS LES PROCHAINES ANNÉES ?

Le programme a maintenant trois ans. Les premières années ont surtout été consacrées à la mise en place des projets et des plateformes. Aujourd'hui, on commence à voir les usages se développer, avec des équipes qui s'approprient progressivement ces outils et commencent à travailler davantage hors de leur laboratoire d'origine. L'enjeu sera de pérenniser ces infrastructures et de structurer la suite. Il est probable que les programmes futurs s'organisent autour d'axes plus ciblés hérités des thématiques actuelles. Nous souhaitons également renforcer les liens européens et développer des interactions avec le monde industriel, notamment *via* la création d'un club industriel. ●