



Entretien avec Rémi Carminati

Directeur général de l'Institut d'Optique, professeur à l'ESPCI Paris-PSL, chercheur à l'Institut Langevin en nanophotonique et en physique des ondes en milieux complexes.

<https://doi.org/10.1051/photon/202513012>

COMMENT AVEZ-VOUS DÉCOUVERT LES SCIENCES ?

J'ai toujours eu envie de faire de la science. Les professeurs de lycée jouent un rôle important sur les orientations et j'ai eu la chance d'avoir d'excellents profs de physique. En première à mon époque, il y avait beaucoup de physique des ondes. Un matin en cours, le professeur a apporté un laser avec une fente réglable et il a projeté sur le mur blanc au fond de la classe une figure de diffraction. Il avait projeté l'image de la fente, et puis, en diminuant la taille de la fente, on a vu apparaître au fond de la salle la figure de diffraction du laser. Je me souviens d'avoir été fasciné par ce phénomène et de m'être dit qu'un jour j'aimerais être capable de le comprendre en détail. Quand j'étais en prépa, j'attendais impatiemment qu'en maths spé nous abordions l'optique physique et les équations de Maxwell.

COMMENT AVEZ-VOUS CHOISI VOTRE SUJET DE THÈSE ?

Par la suite, c'est en 2^e année d'École d'ingénieur à Centrale Paris que j'ai eu le déclic. J'avais eu la chance d'avoir Jean-Jacques Greffet comme professeur. Ses cours étaient fascinants et je savais alors que je souhaitais poursuivre en recherche. J'ai toujours été attiré par l'idée d'aller aux frontières des connaissances d'une discipline. En 3^e année, je suivais en parallèle un DEA (le Master 2 de l'époque), et quand j'ai décidé de chercher une thèse, je me suis assez vite tourné vers Jean-Jacques Greffet. J'ai effectué mon stage de DEA dans son équipe, encadré par Anne Sentenac qui était sa première doctorante. Je sentais qu'il menait des recherches intéressantes et il y avait un bon

feeling personnel. C'est ainsi que j'ai eu la chance de démarrer ma thèse en 1993 sous sa direction.

QUELS ONT ÉTÉ LES PRINCIPAUX RÉSULTATS DE VOTRE THÈSE ?

Cette époque correspond au tout début de ce qu'on appelait l'optique de champ proche, et qui est devenu aujourd'hui la nanophotonique. Pour donner une idée, la première conférence de microscopie optique en champ proche s'était déroulée en 1992. Jean-Jacques y avait participé et était revenu avec beaucoup d'idées. Les premières expériences en France étaient menées à Besançon, Dijon et Paris. Nous étions une poignée de thésards à commencer à travailler sur la théorie de l'optique de champ proche, avec notamment Lukas Novotny ou Olivier Martin. C'est dans ce contexte scientifique que j'ai commencé mes travaux. Un de nos apports a été d'introduire des outils théoriques pour l'interprétation des images en microscopie de champ proche. Un enjeu était de découpler l'interaction entre la pointe et l'objet afin d'obtenir une information pertinente sur l'objet. J'ai ensuite été le témoin de la transition, vers la fin des années 1990, entre une vision de la thématique très centrée sur la microscopie et une vision plus large de physique sub-longueur d'onde qui a ouvert le champ de la nanophotonique. L'idée était de faire de l'optique avec des pointes, avec des nanoparticules, des émetteurs uniques... Je me souviens d'exposés de Dieter Pohl qui expliquait qu'il fallait penser en termes d'interaction avec des antennes. Il a amené l'idée qu'on pouvait utiliser des pointes ou des nanoparticules comme des nano-antennes pour l'optique, et ce n'était pas une évidence à ce moment là.

COMMENT S'EST DÉROULÉ VOTRE POST-DOCTORAT ?

Je suis parti en 1996-97 en post-doc à Madrid dans le groupe de Manuel Nieto-Vesperinas qui travaillait sur la diffusion par des surfaces rugueuses et sur l'optique de champ proche. Mon post-doc concernait la nanophotonique théorique. Manuel commençait également à s'intéresser à l'imagerie en milieu diffusant. Il avait pris un doctorant sur ce sujet, et j'ai commencé à m'intéresser aux milieux diffusants en co-encadrant ce doctorant en parallèle de mes travaux en nanophotonique. C'est à partir de ce moment là que j'ai mené de front des activités de recherche sur ces deux thématiques.

C'EST À CE MOMENT QUE VOUS RENTREZ EN FRANCE

Fin 1997, je deviens Maître de Conférence à l'École Centrale Paris et je rejoins le groupe de Jean-Jacques Greffet. Cette époque correspond au début des questionnements de Jean-Jacques sur la cohérence du rayonnement thermique suite à des expériences qu'il avait menées avec le CEA. Il réfléchissait à la question « pourquoi peut-il y avoir de la cohérence spatiale dans l'émission thermique ? ». Au retour de mon post doc, Jean-Jacques me lance sur le sujet et nous publions le premier article théorique en 99, démontrant le rôle des polaritons de surface dans la cohérence spatiale du champ proche thermique. Il y eut ensuite un autre article en 2022 avec la première preuve expérimentale de l'émission thermique cohérente en champ lointain. J'ai eu la chance de travailler sur ce sujet quelques années. Cette période était exaltante car nous avons ouvert un boulevard pour faire progresser notre compréhension de ce

phénomène fondamental. L'émission thermique cohérente est devenue depuis un sujet impliquant de nombreux groupes dans le monde.

QUELS ONT ÉTÉ VOS PREMIERS PROJETS DE RECHERCHE ?

Durant ces années à Centrale Paris, j'ai partagé mes activités entre la nanophotonique et l'optique des milieux diffusants. Mes travaux en nanophotonique portaient sur l'émission thermique cohérente, la plasmonique, et le contrôle de l'émission de fluorescence de molécules uniques par des antennes optiques. En optique des milieux diffusants, nous avons développé des outils théoriques et numériques pour traiter des sujets fondamentaux ou des applications en imagerie de fluorescence. J'ai eu la chance d'avoir d'excellentes doctorantes et doctorants, dont Romain Pierrat qui a rejoint plus tard l'équipe montée à l'ESPCI et qui est aujourd'hui toujours un collègue très proche.

QUELLES SONT LES RAISONS QUI VOUS ONT CONDUIT À REJOINDRE L'ESPCI ?

Au fil des années, en m'investissant progressivement dans l'optique des milieux complexes, je me suis retrouvé en connexion de plus en plus forte avec les collègues de l'ESPCI spécialistes de ces domaines, en particulier Mathias Fink et Claude Boccara. Ils m'ont parlé d'un projet de création d'un institut de recherche dédié à la physique des ondes, allant de l'acoustique à l'optique en passant par les micro-ondes. Ils cherchaient à renforcer l'aspect théorique et mon profil les intéressait. Je franchis le pas en 2007 en devenant professeur à l'ESPCI. Nous travaillons sur ce projet de création d'un nouveau laboratoire en 2008 et l'Institut Langevin est créé en 2009. Mathias Fink en est le directeur, Arnaud Tourin et moi en devenons les directeurs adjoints. C'était très intéressant car il s'agissait d'une aventure nouvelle en démarrant une équipe de recherche de zéro. Ce nouveau challenge a été très stimulant et m'a permis de construire quelque chose d'original avec une équipe de

théoriciens au milieu d'un institut rempli des meilleurs expérimentateurs. J'ai continué à mener en parallèle des recherches sur mes deux thématiques « historiques », mais au fil des années, l'optique des milieux complexes a pris le pas sur la nanophotonique. J'ai participé aux premières discussions sur l'aventure du contrôle du front d'onde en milieux complexes. Dès 2008 nous avons travaillé avec Sylvain Gigan, Claude Boccara, Geoffroy Lerosey et Mathias Fink sur ce projet de mesure de la matrice de transmission qui a été porté par Sylvain Gigan. Ce sujet a d'ailleurs pris beaucoup d'ampleur depuis. La communauté scientifique regardait ces résultats avec grand intérêt, car il était évident qu'il y avait un changement de paradigme.

COMMENT IDENTIFIEZ-VOUS VOS SUJETS DE RECHERCHE ?

En tant que théoricien, j'aime beaucoup travailler avec des expérimentateurs qui osent se lancer dans des projets risqués et qui croient en des idées nouvelles apportées par des théoriciens. J'aime également beaucoup aller découvrir des choses nouvelles dans des vieux sujets. L'émission thermique cohérente en est un exemple. Un autre exemple concerne nos travaux plus récents sur les corrélations d'intensité entre les speckles réfléchis et transmis, menés avec Arthur Goetschy et Romain Pierrat dans le cadre de la thèse de Nikos Fayard. Je me pose encore la question de savoir pourquoi ces corrélations restaient inconnues, alors que les propriétés statistiques des figures de speckle ont été très étudiées depuis les années 80.

VOUS VOUS ÊTES ÉGALEMENT BEAUCOUP IMPLIQUÉ DANS LA DIRECTION DE STRUCTURES DE RECHERCHE

Ma première véritable implication a été liée à l'aventure de l'Institut Langevin démarrée en 2008. Regrouper dans un même laboratoire des spécialistes de l'acoustique, de l'optique et des micro-ondes, et y associer des théoriciens représentait un projet très intéressant pour moi. Mais il fallait construire un

nouveau laboratoire et surmonter de nombreuses difficultés. Il était évident qu'autour de Mathias Fink et Claude Boccara il fallait une équipe resserrée, et Mickael Tanter, Arnaud Tourin et moi avons porté le projet avec eux. Plus tard, en 2014, lorsque Jean-François Joanny prit la direction de l'ESPCI, il m'a contacté afin que je prenne la direction de la recherche. Après avoir hésité (c'était un engagement fort), j'ai commencé comme conseiller dans son comité de direction, puis accepté la fonction de directeur de la recherche en 2015. J'ai toujours continué à mener, en parallèle des fonctions de direction, des activités de recherche et d'enseignement. Lorsqu'en 2019 le mandat de Jean-François Joanny s'achève, je décide d'arrêter la direction de la recherche, souhaitant souffler un peu et me concentrer sur mon travail d'enseignant-chercheur. A l'automne 2020, Alain Fuchs me demande de rejoindre l'équipe de l'Université Paris Sciences et Lettres (PSL) comme vice-président recherche. Tenté par ce nouveau défi je débute comme VP Recherche à PSL en janvier 2021. Ce fût une très belle expérience, et tout se passait très bien lorsque, sans que je m'y attende, le « search committee » de l'Institut d'Optique Graduate School (IOGS) me contacte fin 2021 et me convainc de me porter candidat au poste de directeur général. Il m'a semblé que cette fonction pouvait avoir beaucoup de sens pour moi, peut-être encore plus que le poste un peu « hors sol » de VP que j'occupais. J'ai donc postulé et j'ai été sélectionné par le conseil d'administration, pour prendre mes fonctions de directeur général de l'IOGS en juin 2022. Je mène depuis mes activités de professeur à l'ESPCI et de direction à l'Institut d'Optique avec beaucoup de plaisir et d'enthousiasme.

QUE RETENEZ-VOUS DES LIEUX OÙ VOUS ÊTES PASSÉ ?

J'ai toujours évolué dans des lieux (Centrale, ESPCI, Institut d'Optique) où la connexion entre la recherche et les applications est forte, où la connexion entre le monde académique et ●●●

le monde de l'entreprise est naturelle. Cette culture n'est pas présente dans tous les lieux de recherche, et je me rends compte de la chance que j'ai eue d'évoluer dans des environnements décloisonnés ; décloisonnés d'un point de vue thématique, entre les sciences de l'ingénieur et la physique, entre la physique, la chimie et la biologie par exemple. Cette vision décloisonnée est, il me semble, une vision moderne de la recherche. Je n'utilise que très peu la terminologie dissociant recherche fondamentale et appliquée, les deux aspects se nourrissant l'un et l'autre, de manière réciproque. Si la recherche fondamentale peut donner des applications, il faut garder à l'esprit que les applications peuvent inspirer des recherches très fondamentales. Cette vision décloisonnée est aussi ce qui m'a motivé à prendre la direction de l'Institut d'Optique, car l'IOGS est conçu sur un modèle hybride, pensé pour faciliter les décloisonnements. Les pères fondateurs, Charles Fabry en premier lieu, ont défini dès 1920 le modèle de l'Institut d'Optique comme le mélange d'une école d'ingénieur, d'un centre de recherche, et d'un centre de transfert vers l'industrie. Toutes ces composantes, qui forment l'ESRI d'aujourd'hui, sont dans les gènes d'institutions comme l'ESPCI ou l'Institut d'Optique. A l'Institut d'Optique mon objectif est de profiter de ce modèle très pertinent, et surtout agile car de taille raisonnable, pour former encore mieux et encore plus d'ingénieurs qui contribueront à répondre aux grands enjeux qui sont devant nous, et à transférer le plus efficacement possible le fruit de nos recherches vers la société.

COMMENT AVEZ-VOUS DÉVELOPPÉ VOS COLLABORATIONS INTERNATIONALES ?

Dans le parcours d'un chercheur, les rencontres sont déterminantes, au niveau national comme au niveau international, et une rencontre marquante fut celle avec Juan-José Sáenz (malheureusement décédé en 2020). Certains papiers que j'ai eu la chance de cosigner avec Juanjo font partie des plus

Cette culture n'est pas présente dans tous les lieux de recherche, et je me rends compte de la chance que j'ai eue d'évoluer dans des environnements décloisonnés ; décloisonnés d'un point de vue thématique, entre les sciences de l'ingénieur et la physique, entre la physique, la chimie et la biologie par exemple. Cette vision décloisonnée est, il me semble, une vision moderne de la recherche.

beaux papiers que j'ai pu écrire (ce qui ne veut pas dire qu'ils sont les plus cités). Ce qui m'a toujours plu dans notre collaboration, c'est que nous sommes parvenus à trouver un mode d'interaction où l'émulation était permanente et poussée à son paroxysme. Nous partageons un enthousiasme à la limite de l'explosif. Nous sommes allés à deux sur des sujets où nous nous ne serions jamais allés seuls. Il a très clairement influencé mes recherches, et même ma manière d'aborder les questions encore aujourd'hui. Je reste très connecté à la communauté photonique espagnole et c'est en grande partie son héritage.

Une autre rencontre importante a été celle avec John Schotland que j'ai rencontré en Chine lors d'un workshop de maths appliquées à Shanghai. Quelques années après, je l'ai invité à l'ESPCI pour un séjour de 2 mois. Il avait commencé à écrire quelques chapitres d'un potentiel livre sur l'optique diffuse. J'avais en tête de me lancer sur la rédaction d'un ouvrage sur une thématique similaire, peut-être avec un point de vue plus fondamental. Un jour, lors d'un déjeuner, il a émis l'idée de tenter de fusionner nos deux projets. Nous nous sommes donnés six mois pour converger vers une table des matières. Au bout de six mois, nous nous sommes lancés dans l'écriture, une aventure qui durera huit ans. Principles of Scattering and Transport of Light est paru en 2021, et les échos très positifs que nous recevons depuis sont une très grande satisfaction.

LA TRANSMISSION DU SAVOIR ET DES CONNAISSANCES TIENT UNE PLACE ESSENTIELLE DANS VOS ACTIVITÉS

J'aime beaucoup l'idée de transmission, mêlée à la remise en question par la

confrontation aux apprenants. J'ai toujours enseigné, même lorsque j'ai été très occupé par des fonctions de direction (bien sûr avec un volume d'heures réduit, mais jamais négligeable). Il y a des sujets que j'ai appris parce que je les ai enseignés. L'enseignement a été comme une formation continue pour moi. Dans mon activité de chercheur, je porte une très grande attention aux cours que je présente aux écoles thématiques d'hiver ou d'été. Je sais l'importance de ces écoles dans la formation des futurs ou jeunes chercheurs, et dans l'orientation de leurs recherches. Certaines écoles auxquelles j'ai participé comme jeune chercheur ont été déterminantes pour moi. Un moment marquant de ma carrière fût l'école de 15 jours aux Houches organisée en 1998 sur les ondes en milieux complexes. C'est l'école qui a soudé au niveau international la communauté sur ce sujet. D'autres ont suivi à Cargèse. Il y a des cours de cette école 1998 dont je me souviens encore aujourd'hui très bien, et plusieurs personnes que j'ai côtoyées aux Houches ont influencé la suite de ma carrière.

Je voudrais souligner également la chance que j'ai eue, dans mon métier d'enseignant-chercheur, d'avoir toujours interagi avec des élèves ingénieurs, des doctorants et des post-doctorants formidables. Enseigner, superviser des travaux de recherche, transmettre les ficelles du métier, cela nous pousse aussi en avant car les plus jeunes nous stimulent toujours pour évoluer et être en démarche permanente de progrès. Mon travail de chercheur n'aurait pas le même sens sans être accompagné de cette mission de formation, de transmission, qui au bout du compte est un partage. ●