



Entretien avec Isabelle Sagnes

Directrice de recherche CNRS au C2N, spécialiste de sources de photons sur matériaux III-V, coordinatrice scientifique du réseau RENATECH, directrice du PEPR Electronique pour le CNRS.

<https://doi.org/10.1051/photon/202613815>

AVEZ-VOUS TOUJOURS SOUHAITÉ TRAVAILLER DANS LES SCIENCES ?

A l'origine, je voulais être chef d'orchestre car au collège et lycée à Nice, je me suis essentiellement consacrée à la musique. C'est pourquoi après mon bac, j'ai d'abord tenté une filière musicale, en passant le concours Louis Lumière pour devenir ingénieure du son à Paris. Très vite, je suis revenue à Nice où j'ai repris des études scientifiques universitaires sur le campus de Valrose. La musique m'avait sans doute donné une certaine intuition mathématique et j'ai obtenu de très bons résultats. Mes enseignants m'ont alors conseillé d'aller à Grenoble pour faire de la physique appliquée. C'est ainsi que j'ai intégré le magistère de physique de Grenoble, où j'ai véritablement découvert la physique de laboratoire, une période que j'ai adorée.

CHERCHIEZ-VOUS À VOUS SPÉCIALISER EN MICROÉLECTRONIQUE ?

J'ai plutôt suivi un DEA orienté optique et optoélectronique. J'ai fait une thèse à Grenoble dans un laboratoire très technologique, au cœur de ce qui était alors une véritable pépite française en micro-et nano-électronique. J'ai travaillé sur 4 sujets en parallèle : les détecteurs infrarouges accordables, les hétérostructures silicium-germanium pour la détection et le transport dans des gaz de trous bidimensionnels, le silicium poreux. Ma thèse constituait un état de l'art solide sur ces différents thèmes. Je l'ai soutenue en juillet 1994 devant un jury prestigieux, ce qui témoigne de l'intérêt scientifique du travail.

CETTE THÈSE VOUS A-T-ELLE CONVAINCUE DE POURSUIVRE EN RECHERCHE ACADÉMIQUE ?

Avant même la soutenance, on m'avait proposé un poste intéressant au CNET à Meylan, comme ingénieure France Télécom. J'ai dû soutenir rapidement pour pouvoir être recrutée dès août 1994. Je me suis retrouvée responsable d'une filière technologique en microélectronique avec une équipe à diriger. Ce fut une expérience intense, mais qui m'a éloignée de la recherche. Après quelques années, j'ai senti le besoin de revenir à une activité plus tournée vers la recherche. J'ai alors demandé à changer de site et j'ai rejoint le CNET de Bagneux pour travailler sur la croissance de matériaux III-V. J'ai quitté la métropole grenobloise après y avoir passé 10 années. Je me suis installée en région parisienne, je suis repartie de zéro, j'ai dû apprendre de nouvelles techniques et m'imposer dans un environnement parfois difficile, notamment en tant que femme.

DANS QUELLES CONDITIONS AVEZ-VOUS REJOINT LE CNRS ?

À la fin des années 1990, le site de Bagneux a progressivement fermé. En parallèle, un nouveau laboratoire CNRS était en projet de création, le Laboratoire de Photonique et Nanostructures. J'ai passé le concours CNRS et j'ai été recrutée comme chargée de recherche dans une structure alors en cours de création. J'ai mené mes premières années de chargée de recherche CNRS au CNET, avec Jean-Yves Marzin. J'ai ensuite participé très activement à la conception et à la construction du LPN. J'ai suivi de près le chantier avec Ali Madouri ingénieur au laboratoire, j'ai participé aux choix techniques et travaillé avec les architectes et les équipes de sécurité.

POURQUOI VOUS ÊTES-VOUS SI FORTEMENT INVESTIE DANS LA CONSTRUCTION DE CE NOUVEAU LABORATOIRE DE RECHERCHE ?

J'avais une connaissance très concrète de ce que représente une salle blanche, de son organisation, de ses contraintes et de son fonctionnement quotidien. Pendant ma thèse à Grenoble, j'avais travaillé dans une salle blanche exceptionnelle. Puis, en arrivant à France Télécom, j'ai eu la chance de travailler dans les salles blanches de Crolles 1 à STMicroelectronics ainsi qu'au sein du CEA-Leti. Lorsque le nouveau bâtiment du LPN a commencé à sortir de terre, j'étais quasiment la seule à maîtriser cet environnement dans le détail. Je savais ce que signifiait organiser les flux, les espaces, les équipements, et anticiper les usages futurs. Cela explique pourquoi je me suis retrouvée très naturellement en première ligne. C'était ma première grande expérience de construction collective d'un outil de recherche, et cela a été déterminant pour la suite de mon parcours. C'était une période très intense et très vivante. J'en garde un excellent souvenir, parce que de nombreux projets se mettaient en place et que tout restait à construire. C'était exigeant, mais très stimulant.

COMMENT S'EST DÉROULÉE LA CONSTRUCTION DU BÂTIMENT ET DE LA SALLE BLANCHE ?

Le chantier a été extrêmement rapide car la construction a été gérée par le privé, avec des fonds issus de France Télécom et d'Alcatel, et sans les lourdeurs classiques des appels d'offres publics. Nous travaillions directement avec les architectes, ce qui permettait une grande réactivité. C'était une période très enthousiasmante. ● ● ●

Le bâtiment a commencé à sortir de terre pendant l'année 2000 et la salle blanche a été construite en moins d'un an.

QU'EN ÉTAIT-IL DES ÉQUIPEMENTS SCIENTIFIQUES ?

Les équipements provenaient en grande partie du site de Bagneux, qui était technologiquement très en avance. J'ai donc piloté le déménagement et la réinstallation de ces équipements, ce qui a représenté un travail considérable. Cette phase de « cheffe de chantier » a duré environ trois ans. À partir de fin 2001, une nouvelle étape a commencé. Une fois le site opérationnel, j'ai pu me recentrer sur la science. J'avais désormais à disposition une salle blanche parfaitement adaptée, dont je connaissais intimement les capacités.

QUEL ÉTAIT ALORS VOTRE PROJET DE RECHERCHE ?

Créer des sources de lumière de matériaux innovants, faire sortir des photons, concevoir des dispositifs optiques. Les matériaux III-V étaient pour moi un moyen, pas une fin. Avec le recul, je mesure à quel point mon parcours en microélectronique CMOS m'a donné une base extrêmement solide. Passer ensuite aux photons, dont la complexité dépasse largement celle d'un transistor, m'a ouvert un champ d'action beaucoup plus large. Avoir vécu dans ces deux mondes est une vraie richesse.

QUELLES INNOVATIONS AVEZ-VOUS PORTÉES ?

Je me suis concentrée à développer l'épitaxie en phase vapeur, face à une communauté très attachée à l'épitaxie par jets moléculaires. Avec le soutien de Jean-Yves Marzin, nous avons montré que la technique MOCVD avait toute sa place en physique fondamentale, notamment pour assurer le lien avec l'industrie. Jean-Michel Gérard a également joué un rôle clé en m'encourageant à développer les boîtes quantiques. Ensemble, nous avons démontré que la MOCVD donnait d'excellents résultats selon les matériaux considérés, notamment sur InP, et que les performances dépendaient en réalité beaucoup de la chimie des pré-curseurs en amont. Notons que cela n'a été possible qu'avec Guillaume Saint-Girons, Adrien Michon, Alexios Beveratos, Isabelle

Robert-Philipp, Philippe Boucaud et Gilles Patriarche. Plus récemment, Fabrice Raineri, Rémy Braive, Grégoire Beaudoin et Konstantinos Pantzas ont rejoint l'aventure scientifique quotidienne de la MOVPE.

QUELS MATÉRIAUX AVEZ-VOUS LE PLUS ÉTUDIÉS ?

J'ai travaillé sur les deux grandes familles : les hétérostructures sur GaAs et sur InP. Sur GaAs, nous avons tenté de réaliser des boîtes quantiques classiques d'InGaAs. Même lorsque les résultats n'étaient pas directement exploitables, ces travaux ont été extrêmement formateurs et ont ouvert de nombreuses perspectives par la suite comme les boîtes quantiques sélectives d'InAs sur substrat InP pour les longueurs d'onde télécoms. Sur InP, j'ai développé des hétérostructures originales, notamment des miroirs de Bragg alors considérés comme impossibles. En réalité, il suffisait de s'y atteler sérieusement pour obtenir des contrastes d'indice suffisants et des réflectivités élevées.

QUELLES SONT LES TECHNOLOGIES QUI ONT ATTIRÉ VOTRE INTÉRÊT ?

J'ai établi une collaboration très efficace avec l'équipe de Carlo Sirtori et Angela Vasanelli sur les lasers à cascade quantique. Il me paraissait impensable que la France ne maîtrise pas les sources moyen infrarouge. Nous avons la technologie pour le faire, et j'ai contribué à maintenir ce savoir-faire sur le long terme. Un second axe majeur de mes recherches a porté sur le développement de micro-piliers pour les sources de photons uniques, en collaboration avec Pascale Senellart. J'ai appliqué aux matériaux III-V des techniques de gravure que j'avais apprises à Grenoble sur le silicium-germanium. Cela s'est fait par essais successifs, une compréhension fine des mécanismes, et une adaptation progressive. Une thèse en particulier, autour de 2007, a marqué un tournant dans cette approche. Nous avons aussi développé des stratégies de passivation très spécifiques, en particulier pour éviter l'oxydation de certains matériaux. Ces savoir-faire ont été transférés à Quandela dans le cadre d'accords précis et sont quotidiennement utilisés par Jacqueline Bloch et Sylvain Ravets pour leurs études à l'état de l'art sur les polaritons en cavité dans les matériaux III-V.

COMMENT AVEZ-VOUS PRÉSERVÉ L'ÉQUILIBRE DE VOS ACTIVITÉS ENTRE RECHERCHE ET IMPLICATION NATIONALE AU CNRS ?

Tout au long de ma carrière, j'ai tenu à consacrer une part importante de mon temps à la recherche en salle blanche. Il existe une idée assez répandue selon laquelle « la techno », ce serait simplement appuyer sur un bouton mais en recherche, c'est tout l'inverse. Innover, c'est développer des procédés, itérer, caractériser, comprendre pourquoi ça marche... et recommencer. Or, aujourd'hui, il y a de moins en moins de personnes qui prennent le temps, et surtout le risque, de développer réellement les procédés. C'est pourtant là que se joue une partie essentielle de l'innovation : sélectionner la bonne machine, définir les paramètres, comprendre les mécanismes physiques et chimiques, choisir les méthodes de contrôle qualité, optimiser la passivation, les étapes de nettoyage, les recettes... Ce sont des développements longs, exigeants, et rarement visibles de l'extérieur, mais ce sont eux qui rendent possible l'innovation, et ensuite le transfert.

COMMENT AVEZ-VOUS ÉTABLI VOTRE PARTENARIAT ACADÉMIQUE-INDUSTRIEL ?

Lors de l'aménagement du C2N, j'ai dû déplacer une partie de mes moyens expérimentaux et plutôt que de subir une situation bloquante, j'ai fait le choix, avec l'aide de Daniel Dolfi de Thales RT de construire un cadre solide sur leur site, tout en gardant un ancrage CNRS fort. L'idée était claire : préserver la capacité de recherche, sécuriser les conditions de travail, et surtout transmettre un savoir-faire. Nous avons ainsi mis en place une convention d'hébergement avec Thales. J'ai souhaité venir avec les personnes que j'avais recrutées et formées, précisément parce que je voulais transférer des compétences et structurer une continuité. Cette collaboration existe toujours aujourd'hui, et elle a été très productive. Cette collaboration a permis de structurer une filière technologique sur un matériau III-V particulièrement intéressant, le GaP. Je cherchais depuis longtemps l'occasion de travailler sur ce sujet, et la situation a accéléré les choses.

Une fois que j'ai compris que le matériau et sa technologie étaient accessibles, j'ai dit à l'équipe : "on y va". Et, très vite, une filière solide s'est mise en place, au point de contribuer à une dynamique désormais visible à l'échelle européenne. Ce qui a été important, c'est la confiance : on m'a laissé construire, développer, stabiliser. Ensuite, la jeune génération a pris le relais, et c'est exactement ce que je voulais.

VOUS INSISTEZ SOUVENT SUR L'IMPORTANCE DU TRAVAIL COLLECTIF.

Je n'ai jamais travaillé seule. Il y a toujours eu, autour de moi, des technologues, des spécialistes matériaux, des opticiens, des partenaires applicatifs. Ce qui m'intéresse, c'est précisément l'interface entre ces mondes. Et si vous n'avez plus cette capacité à transformer une compétence individuelle en dynamique d'équipe, vous perdez l'essentiel. Les restructurations institutionnelles, les départs à la retraite, les réorganisations ont parfois affaibli des dynamiques collectives. J'ai toujours été convaincue qu'on n'a pas le droit de casser une chaîne de valeur, surtout lorsqu'elle repose sur des compétences rares, construites patiemment. C'est aussi cela qui m'a poussée à m'investir davantage dans la structuration nationale : protéger les communautés techniques, assurer la continuité,

maintenir le lien entre recherche, technologie et industrie.

COMMENT AVEZ-VOUS ANIMÉ ET COORDONNÉ LE RÉSEAU RENATECH ?

Au comité national, j'ai découvert des tensions, des différences culturelles, mais aussi une nécessité : si l'on veut défendre la technologie et les plateformes, il faut se mettre en réseau. Ce sont des visions portées initialement par les directions d'unité et les pionniers de ces réseaux ; moi, j'ai surtout contribué à les rendre opérationnelles, à les faire vivre concrètement. Nous avons mis en place des outils d'échange entre permanents, par exemple une liste et un espace de discussion technique. Cela peut sembler simple, mais l'effet est considérable : dès qu'un site rencontre un problème, quelqu'un ailleurs en France peut répondre, partager une solution, une recette, une méthode. On voit alors apparaître une confiance collective, une capacité à s'entraider qui est rare et précieuse.

DANS QUELLES CONDITIONS AVEZ-VOUS ÉTÉ APPELÉE À COORDONNER LE PEPR ELECTRONIQUE ?

Le CNRS devait porter le programme, une lettre de mission est arrivée, et en un temps très court il a fallu identifier une personne

capable de fédérer la communauté. J'ai été sollicitée et, après réflexion, j'ai accepté, à condition de ne pas le faire seule et de m'entourer. Les débuts ont été très intenses : en quelques mois, il fallait rassembler la communauté, structurer des filières technologiques, construire une gouvernance, définir des priorités scientifiques. Cela a été très stimulant mais aussi éprouvant. Au final, je suis très satisfaite de ce que nous avons réussi à imposer avec mon co-porteur Thomas Ernst du CEA-Leti : une structuration par la science et par les projets, et non par des discours. Bien sûr, tout n'est pas parfait : on manque toujours de moyens et il faut faire des choix. Mais l'architecture est là, la dynamique existe, et l'évaluation a montré la pertinence de certaines orientations prises dès le départ, notamment sur l'intégration des photons dans une vision large de l'électronique.

QUELLE SUITE DONNER AU PEPR ÉLECTRONIQUE ?

Pour moi, deux priorités s'imposent. La première, ce sont les matériaux semi-conducteurs : il faut absolument préserver ces compétences. Ce sujet dépasse les étiquettes « électronique » ou « photonique » : ce sont les mêmes matériaux, les mêmes briques technologiques, et ils irriguent toutes les filières. Or, nous sommes en train de perdre des savoir-faire : la ●●●



**LA PRÉCISION DU PHOTON
UNIQUE, AU CŒUR DU NIR**





SPCM 1064

**DÉTECTEUR À PHOTON UNIQUE NIR
POUR LA MESURE OPTIQUE DE HAUTE PRÉCISION**

- PDE typique : 57 % @ 830 nm / 58 % @ 905 nm / 10 % @ 1064 nm
- Zone active : 500 µm
- Haute linéarité à fort taux de comptage
- Option de sortie gated

APPLICATIONS

Spectroscopie Raman - Photoluminescence IR - Photonique quantique - LiDAR - Télémétrie laser - Instrumentation analytique haute sensibilité.

Suivez nous ! 

www.htds.fr
info@htds.fr

LA FLEXIBILITÉ ET L'EXPERTISE AU SERVICE DE L'INNOVATION

pyramide des âges est défavorable, certaines compétences s'éteignent, et il y a trop peu de renouvellement. La seconde priorité, c'est la photonique intégrée, et en particulier la photonique intégrée hétérogène, avec tout ce que cela implique en termes de packaging.

QUELS SONT LES ENJEUX DE LA PHOTONIQUE INTÉGRÉE HÉTÉROGÈNE ?

L'enjeu, c'est de combiner sur une même plateforme des matériaux actifs, des guides, des détecteurs, des sources, et d'en faire un système robuste. Et cela, sans packaging photonique fiable, il n'y a pas de passage à l'échelle. Or, en France, le packaging photonique reste insuffisamment structuré. Les start-up cherchent des solutions, certains acteurs se spécialisent sur des briques (par exemple le couplage fibre), mais les chaînes complètes sont encore trop fragmentées. Les acteurs existent, mais ils se parlent trop peu et les interfaces manquent. Or, je pense que c'est une clé, d'autant plus que les besoins explosent : communications RF, 5G/6G, capteurs, métasurfaces, antennes, systèmes... Beaucoup de technologies convergent et ont besoin, à un moment, de briques photoniques intégrées. On retrouve des problématiques communes : intégration, interconnexion, packaging, fiabilité, industrialisation.

QUEL RÔLE PEUT JOUER L'INDUSTRIE DANS CETTE TRAJECTOIRE ?

Il y a déjà une industrie très forte en France sur certains composants, par exemple les lasers. Mais lorsqu'on parle de photonique intégrée, le sujet des fonderies est plus compliqué. Je ne suis pas certaine qu'on puisse, à court terme, sécuriser entièrement une chaîne de fonderie en France ou même en Europe. Et, d'une certaine manière, ce n'est pas forcément l'enjeu principal. L'enjeu critique, c'est de maintenir les capacités de démonstration au meilleur niveau : des outils, des plateformes, des procédés, des compétences, pour que les chercheurs puissent prouver un concept, fabriquer un prototype, tester une idée jusqu'au dispositif. Si vous perdez ces outils, vous perdez la capacité d'innover : il ne reste plus que de la théorie.

« Pour moi, deux priorités s'imposent. La première, ce sont les matériaux semi-conducteurs : il faut absolument préserver ces compétences. La seconde priorité, c'est la photonique intégrée, et en particulier la photonique intégrée hétérogène, avec tout ce que cela implique en termes de packaging. »

VOTRE PRIORITÉ VA DONC DANS LE MAINTIEN DES COMPÉTENCES ET DES OUTILS ?

Exactement. La souveraineté, dans ces domaines, ne se résume pas à posséder une usine. Elle repose aussi, et parfois surtout, sur la capacité à concevoir, à fabriquer au niveau de l'état de l'art, à former, et à transférer. Sans outils, la recherche devient "hors sol". Et sans recherche crédible, l'écosystème industriel finit par décrocher.

CONCRÈTEMENT, COMMENT FAIRE POUR PRÉSERVER CES SAVOIR-FAIRE EN MATÉRIAUX SEMI-CONDUCTEURS ?

Il faut agir de manière très pragmatique. Nous avons investi dans des machines, parfois coûteuses, mais il manque souvent les personnes devant ces machines. Une piste, c'est de remettre en place des postes pérennisés sur la durée, par exemple sur 6 à 8 ans, avec des ingénieurs et techniciens capables d'assurer l'exploitation, le développement des procédés et la transmission. Bien sûr, la formation est indispensable, *via* des masters, des doctorats, des écoles d'été. Mais il faut aussi, et surtout, des compétences en poste, pour faire vivre les outils, développer les procédés et éviter que les plateformes ne se vident de leur substance.

ET POUR LA PHOTONIQUE INTÉGRÉE, QUELLE STRATÉGIE PROPOSEZ-VOUS ?

Je crois beaucoup à une logique de filière nationale structurée, avec des consortiums sur des thématiques bien définies, et des moyens suffisants pour travailler ensemble de façon durable. Il faut éviter la dispersion permanente où chacun cherche des financements à droite et à gauche et permettre aux équipes de se concentrer sur une trajectoire commune, cohérente, partagée. Dans cette logique, la valorisation viendra naturellement : si le projet scientifique est pertinent, des

doctorants et jeunes chercheurs créeront des start-up, des transferts auront lieu. Mais il ne faut pas construire les programmes de recherche « pour fabriquer des start-up ». Il faut d'abord construire des programmes solides scientifiquement ; l'innovation suivra.

QUEL REGARD PORTEZ-VOUS SUR LES POLITIQUES PUBLIQUES ET LES AGENCES DE PROGRAMME ?

Je vois un intérêt réel à ce que des acteurs scientifiques et technologiques soient associés à l'identification des besoins, à la cartographie des compétences et aux choix structurants. Les communautés savent souvent très bien où sont les « trous dans la raquette ». L'enjeu est d'être efficace : éviter les procédures lourdes et les rapports déconnectés, et mettre l'effort là où il y a un vrai besoin. Sur les matériaux semi-conducteurs par exemple, le diagnostic est assez clair : il faut objectiver les compétences restantes, les plateformes critiques et les risques de rupture, puis agir de manière ciblée.

QUELLES SONT LES ACTIONS PRIORITAIRES À MENER POUR LE FUTUR ?

Maintenir et renforcer une communauté « électronique au sens large », en assurant pleinement que l'avenir combine électrons et photons, avec une articulation claire, sauver et renouveler les compétences en matériaux semi-conducteurs, structurer une filière de photonique intégrée, en particulier hétérogène, investir dans le packaging et les outils qui rendent possible la démonstration expérimentale, avoir un fonctionnement inter-organismes (CNRS, CEA, ONERA, etc.), car aucun acteur ne pourra porter cela seul. Nous touchons ici aux enjeux de souveraineté. Il nous faut conserver des savoir-faire critiques, les outils qui permettent d'innover, et une capacité de démonstration rapide. ●