

**LPQM - Laboratoire de photonique quantique et  
moléculaire**  
Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. LPQM - Laboratoire de photonique quantique et moléculaire. 2014, ENS Cachan, Centre national de la recherche scientifique - CNRS. hceres-02032977

**HAL Id: hceres-02032977**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02032977>**

Submitted on 20 Feb 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

Évaluation de l'AERES sur l'unité :

Laboratoire de Photonique Quantique et Moléculaire

LPQM

sous tutelle des

établissements et organismes :

ENS Cachan

Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS





agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

*Pour l'AERES, en vertu du décret du 3 novembre 2006<sup>1</sup>,*

- M. Didier HOUSSIN, président
- M. Pierre GLAUDES, directeur de la section des unités de recherche

*Au nom du comité d'experts,*

- M. Hervé RIGNEAULT, président du comité

---

<sup>1</sup> Le président de l'AERES « signe [...], les rapports d'évaluation, [...] contresignés pour chaque section par le directeur concerné » (Article 9, alinea 3 du décret n°2006-1334 du 3 novembre 2006, modifié).



# Rapport d'évaluation

Ce rapport est le résultat de l'évaluation du comité d'experts dont la composition est précisée ci-dessous.

Les appréciations qu'il contient sont l'expression de la délibération indépendante et collégiale de ce comité.

|   |  |
|---|--|
| Nom de l'unité :                          | Laboratoire de Photonique Quantique et Moléculaire |
| Acronyme de l'unité :                     | LPQM   |
| Label demandé :                           | Unité Mixte de Recherche (UMR)                     |
| N° actuel :                               | UMR CNRS 8537                                      |
| Nom du directeur<br>(2013-2014) :         | M <sup>me</sup> Isabelle LEDOUX -RAK               |
| Nom du porteur de projet<br>(2015-2019) : | M <sup>me</sup> Isabelle LEDOUX -RAK               |

# Membres du comité d'experts

Président : M. Hervé RIGNEAULT, Institut Fresnel, Marseille

Experts : M. Jean-Michel GERARD, CEA- INAC, Grenoble

M. Michel ORRIT, Pays-Bas

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Charles HIRLIMANN

Représentant(s) des établissements et organismes tutelles de l'unité :

M<sup>me</sup> Sylvie POMMIER, ENS Cachan

M<sup>me</sup> Béatrice DAGENS, CNRS - INSIS

M<sup>me</sup> Estelle IACONA, École Centrale Paris

M<sup>me</sup> Isabelle LERAY (Directrice de l'École Doctorale Sciences Pratiques)



## 1 • Introduction

### Historique et localisation géographique de l'unité

Le Laboratoire de Photonique Quantique et Moléculaire (LPQM) a été créé en 1998 sous l'impulsion de M. Joseph Zyss alors en provenance de France Télécom R&D. Il est dirigé depuis 2006 par M<sup>me</sup> Isabelle LEDOUX-RAK, professeur à l'ENS Cachan qui porte le projet de l'unité pour le prochain quadriennal (2015-2019). Le LPQM est implanté sur le site de l'ENS de Cachan où il occupe une surface de 800 m<sup>2</sup> et, plus récemment (depuis 2009), également sur le site de l'École Centrale de Paris (ECP). Son activité est ancrée en physique, plus précisément en photonique moléculaire, avec des développements aux interfaces avec la chimie, la biologie et les sciences pour l'ingénieur. Le Laboratoire a été l'initiateur de la création de l'Institut d'Alembert (IdA), structure fédérative pluridisciplinaire dirigée par le professeur M. Joseph Zyss, et dont le LPQM fait partie. Le laboratoire et l'IdA, comme l'ENS de Cachan participe au projet de déménagement sur le site de Saclay dans le cadre de la future Université Paris-Saclay à l'horizon 2018.

### Équipe de direction

M<sup>me</sup> Isabelle LEDOUX -RAK (directrice)

M<sup>me</sup> Ginette PUYHAUBERT (secrétaire-gestionnaire)

### Nomenclature AERES

ST2

### Effectifs de l'unité

| Effectifs de l'unité   | Nombre au 30/06/2013 | Nombre au 01/01/2015 |
|--|----------------------|----------------------|
| <b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés                             | 7,5                  | 8,5                  |
| <b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés                        |                      |                      |
| <b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)       | 4,5                  | 4,5                  |
| <b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)                            |                      |                      |
| <b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.) | 6                    | 6                    |
| <b>N6</b> : Autres personnels contractuels n'ayant pas d'obligation de recherche       |                      |                      |
| <b>TOTAL N1 à N6</b>   | <b>18</b>            | <b>19</b>            |



| Effectifs de l'unité  | Nombre au 30/06/2013 | Nombre au 01/01/2015 |
|---|----------------------|----------------------|
| Doctorants  | 11                   |                      |
| Thèses soutenues  | 24                   |                      |
| Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité * | 5                    |                      |
| Nombre d'HDR soutenues                                      | 2                    |                      |
| Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées | 5                    | 5                    |

## 2 • Appréciation sur l'unité

### Avis global sur l'unité

Le LPQM mène une recherche de qualité dans le domaine de la photonique et des matériaux moléculaires. Il héberge des chercheurs se situant au meilleur niveau international, productifs et reconnus dans leur spécialité. Le LPQM est dirigé par une directrice impliquée menant un travail remarquable dans l'intérêt du Laboratoire et de son personnel. Malgré ces efforts, le laboratoire traverse actuellement une phase délicate du fait (1) du départ de deux excellentes équipes menant des recherches dans le domaine de l'optique quantique et des matériaux hybrides et (2) d'une équipe affaiblie par un manque de personnel (suite en particulier à un décès). Il convient au laboratoire et à ses tutelles de mener une politique active pour (1) potentialiser les forces et moyens existants et (2) recruter des chercheurs et enseignants-chercheurs capables de cultiver des thématiques originales. Ces dernières doivent assurer la viabilité et la visibilité du laboratoire dans la future Université Paris-Saclay.

### Points forts et possibilités liées au contexte

Le LPQM détient une expertise unique en optique non linéaire et en matériaux moléculaires. Cette expertise est reconnue au plus haut niveau et assure la notoriété mondiale du Laboratoire. La production scientifique est très bonne à excellente sur la période évaluée.

Adossé à l'ENS de Cachan, le laboratoire dispense une formation par la recherche de qualité à des étudiants de qualité. Cette situation remarquable s'accompagne d'efforts supplémentaires du LPQM pour mettre en place des filières de formation internationales (Erasmus Mundus). Ces actions de coordination apparaissent également au niveau recherche avec la mise en place d'une structure internationale de recherche (NaBi avec Israël).

Résolument tourné vers l'interdisciplinarité, le LPQM joue un rôle moteur et structurant dans les activités de l'IdA ainsi que dans les projets multidisciplinaires en place et à venir dans le cadre de l'Université Paris-Saclay.

### Points faibles et risques liés au contexte

Le départ de deux équipes menant une recherche de tout premier plan affaiblit significativement le Laboratoire qui doit mener une politique de recrutement et d'ouverture. Cette situation doit attirer l'attention de toutes les tutelles pour soutenir le laboratoire (voir également le point ci-dessous).

Une équipe du LPQM est actuellement dans une situation critique de manque de personnel. Un poste de maître de conférence à l'ENS de Cachan ouvert au concours pour la rentrée 2014 devrait partiellement combler ce vide mais une réflexion doit s'engager à plus long terme pour poursuivre l'activité de l'équipe et lui donner de nouvelles directions.



L'éloignement de l'équipe de recherche située sur le site de l'École Centrale de Paris (ECP) ne facilite pas le transfert des informations et les synergies entre équipes. Le rapprochement à terme de cette équipe du barycentre du LPQM serait le bienvenu.

Les opportunités liées au déménagement sur le site de Paris Saclay restent assez vagues même si quelques projets d'envergure pourraient ouvrir des directions intéressantes (projet MABIO, Multidisciplinary Approach to Bioengineering).

Le comité d'experts note une quasi-absence d'interaction avec le monde socio-économique (contrats industriels, brevets, partenariat privé / académique). Cette situation est à faire évoluer dans le cadre du prochain quadriennal. L'axe 'composant' du laboratoire doit en particulier bénéficier d'une réflexion qui placerait ses développements dans un cadre plus collaboratif.

### Recommandations

Le comité d'experts recommande :

- aux équipes en place de poursuivre activement leurs activités de recherche thématique planifiées dans le cadre du prochain quadriennal ;
- aux tutelles / laboratoire de poursuivre la politique de recrutement et d'ouverture nécessaire au déploiement du laboratoire, en particulier dans le cadre de la nouvelle Université de Paris-Saclay à venir ;
- aux équipes de s'impliquer dans les projets collaboratifs et de valorisation ;
- aux tutelles / laboratoire que l'École Centrale de Paris (ECP) devienne rapidement une tutelle du LPQM.

### 3 • Appréciations détaillées

#### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

La production scientifique (156 RICL {Revue internationale à comité de lecture}) est très bonne, surtout si on la ramène au nombre de chercheurs (12 publications par chercheur sur la période 2009-2013). La qualité est très bonne à excellente avec des publications dans des revues faisant autorité dans leur spécialité mais aussi avec quelques publications de tout premier plan (3 Physical Review Letters, 1 Angewandte Chemie, 1 Nature Physics, 1 Nature Materials). Ces indicateurs démontrent sans ambiguïté la qualité des recherches effectuées au LPQM par l'ensemble des équipes. Les contributions aux conférences internationales sont également importantes (180 sur le quadriennal) démontrant ici encore la santé scientifique des équipes et leur immersion dans le monde scientifique international. Des conférences invitées, dispensées surtout par les séniors du laboratoire, témoignent de l'autorité scientifique des recherches menées. On cherchera à maintenir ce niveau scientifique en essayant de l'améliorer chaque fois que les opportunités seront présentes, en particulier vers les revues de tout premier plan.

Le laboratoire porte une expertise unique en optique non linéaire et en matériaux moléculaires surtout du point de vue de l'étude de leurs propriétés fondamentales. Les applications, bien que potentielles, restent plus difficiles à dégager malgré les efforts menés de longue date.

#### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Le LPQM jouit d'une reconnaissance internationale dans ses domaines d'expertise. Parmi les points positifs on note, sur la période évaluée, la création d'une nouvelle équipe et l'arrivée de 8 permanents. Ce constat positif doit être atténué par le départ de 6 permanents vers le Laboratoire Aimé Cotton (LAC). Ces 'partants' mènent une recherche excellente, essentiellement sur l'axe 'Quantique' du Laboratoire. Ce départ est une perte de richesse thématique, de savoir-faire et de moyens pour le LPQM. Il devient ainsi vital pour le laboratoire de s'appuyer sur ses acquis et compétences restantes, mais aussi de s'ouvrir sur de nouvelles activités, de manière à attirer les nouveaux chercheurs qui pourront compenser ces départs.

L'implication du LPQM dans l'Institut d'Alembert (IdA) a été bien perçue par le comité qui souligne le rôle moteur du LPQM et du directeur de l'IdA dans cette fédération de recherche pluridisciplinaire.

Les actions internationales du LPQM sont à souligner avec des implications sur tous les continents. On notera en particulier les collaborations fortes avec Israël (Projet NaBi), les Etats-Unis et la Pologne. Le Laboratoire a par ailleurs organisé une conférence internationale de premier plan (AMARIS'10). Le comité d'experts tient également à donner tout son soutien au projet multidisciplinaire MABIO porté par la directrice du LPQM.

Outre ces actions collectives, le laboratoire jouit également du rayonnement et du leadership de ses membres séniors (prix Humboldt-Gay Lussac pour l'un d'entre eux).

#### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

L'interaction avec le monde socio-économique est certainement le point le plus faible du laboratoire. On note une quasi-absence d'interaction avec le monde industriel, d'action de valorisation et de dépôt de brevet. Ce constat est d'autant plus préoccupant que le laboratoire affiche depuis longtemps un axe composant dont les applications tardent à se concrétiser. Le rattachement à l'institut d'ingénierie du CNRS INSIS (Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes) voudrait également que le transfert soit davantage mis en avant. Le comité d'experts incite vivement la direction et l'ensemble des membres du laboratoire (y compris les équipes sortantes) à mener une réflexion approfondie pour développer une culture du brevet et de la recherche partenariale avec des acteurs non académiques.





### Appréciation sur l'organisation et la vie de l'unité

La vie de l'unité et son organisation ont été appréciées par le comité d'experts. Ce dernier tient à souligner tout particulièrement le travail exemplaire et impliqué de sa directrice qui a su, dans le contexte difficile du départ de deux équipes, maintenir un dialogue et faciliter les échanges. Le comité d'experts a noté que la localisation éloignée de l'équipe de l'École Centrale de Paris (ECP) ne facilitait pas le transfert d'information malgré les efforts menés. Cette situation semble pouvoir (partiellement) s'améliorer dans le cadre du projet Paris-Saclay sans être complètement satisfaisante, l'unité de lieu du laboratoire ne semblant pas envisagée. Le comité d'experts encourage la direction à organiser plus de réunions de chefs d'équipes afin de faciliter le transfert de l'information.

La politique de recrutement du LPQM, suite au départ des équipes sortantes, doit être facilitée au plus vite par le déménagement effectif au LAC (Laboratoire Aimé Cotton) de leurs moyens expérimentaux. Cette clarification facilitera les recrutements à venir et en optimisera les retombées expérimentales.

Il est par ailleurs indispensable que l'École Centrale de Paris devienne une tutelle du LPQM. Outre les aspects juridiques évidents, cela devrait faciliter la vie de l'unité.

### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

L'implication dans la formation par la recherche du LPQM est excellente et remarquable. Les actions renouvelées de Master mondiaux (Erasmus mundus MONABIPHOT) et la formation d'excellents étudiants sont exemplaires et contribuent au rayonnement du laboratoire et des institutions nationales.

L'activité autour du master adossé à l'IFR d'Alembert a également été remarquable. La rencontre avec les doctorants et post-doctorants du laboratoire a révélé un niveau d'encadrement très satisfaisant. Par ailleurs les interactions du LPQM avec l'ED 285 Sciences Pratiques sont bonnes et constructives.

Ces activités de formation, couplées aux enseignements de spécialité dispensés par les membres du laboratoire, constituent un point particulièrement fort du LPQM.

### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Le projet à cinq ans du LPQM a été présenté par les équipes 'Composants et technologies pour la photonique', 'Nano-photonique non linéaire et biophotonique' et 'Nanophotonique et nanothermique ultrarapides'. L'ensemble de ces équipes proposent des directions judicieuses et cohérentes avec leurs compétences et moyens. Les développements dans le cadre des composants sont pertinents mais devront obligatoirement s'accompagner d'une réflexion sur leur intérêt applicatif et leur transfert potentiel. Cette politique scientifique devrait optimiser les interactions avec le monde socio-économique. Sans déstabiliser l'existant, on veillera par ailleurs à ouvrir les champs du Laboratoire à des nouveaux projets portés par les plus jeunes et les nouveaux entrants à venir. Cette politique devrait faciliter l'intégration du LPQM dans la nouvelle Université Paris-Saclay en l'identifiant à travers ses compétences fortes et originales.

Il est clair que l'axe 'Quantique' est fortement affaibli suite au départ des équipes sortantes. Le laboratoire doit mener une réflexion en interne sur la pertinence de recrutements dans ce domaine. Le comité d'experts suggère plutôt à la direction de chercher à cultiver des originalités thématiques qui pourraient tirer profit des fortes interactions du LPQM avec la chimie et des travaux menés à l'Institut d'Alembert dans ce domaine.

## 4 • Analyse équipe par équipe

**Équipe 1 :** Composants et technologies pour la photonique

Nom du responsable: M. Chi Thanh NGUYEN

Effectifs

| Effectifs de l'équipe  | Nombre au 30/06/2013 | Nombre au 01/01/2015 |
|--|----------------------|----------------------|
| <b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés                             | 4                    | 4                    |
| <b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés                        |                      |                      |
| <b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)       | 1,5                  | 1,5                  |
| <b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)                            |                      |                      |
| <b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.) | 2                    | 2                    |
| <b>N6</b> :Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)      |                      |                      |
| <b>TOTAL N1 à N6</b>   | <b>7,5</b>           | <b>7,5</b>           |

| Effectifs de l'équipe                                       | Nombre au 30/06/2013 | Nombre au 01/01/2015 |
|---|----------------------|----------------------|
| Doctorants  | 9                    |                      |
| Thèses soutenues  | 10                   |                      |
| Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité   | 2                    |                      |
| Nombre d'HDR soutenues                                      | 1                    |                      |
| Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées | 2                    | 2                    |

## • Appréciations détaillées

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'activité de l'équipe « Composants et Technologie pour la Photonique » s'appuie sur des compétences historiques très fortes du LPQM dans la conception, la mise en forme et l'étude de matériaux moléculaires optiquement actifs. A côté des études de base sur l'ingénierie moléculaire, l'équipe a renforcé les études sur les microlasers à base de polymères, et exploré les applications potentielles à la fabrication de cristaux photoniques, de composants électro-optiques et de capteurs biochimiques optofluidiques. L'arrivée d'un chercheur en provenance du laboratoire des Systèmes et Applications des Technologies de l'Information et de l'Energie (SATIE) a conduit au lancement d'une étude consacrée à un petit système optoélectronique assurant une fonction d'oscillateur à très faible bruit de phase, qui reste jusqu'ici relativement découplée des autres études de l'équipe.

Sur la période de référence, l'équipe a obtenu des avancées majeures pour la plupart des thèmes abordés.

Dans le domaine de l'ingénierie moléculaire, on retiendra en particulier l'observation d'une hyperpolarisabilité géante dans des complexes phthalocyanines/lanthanides (Journal of the American Chemical Society, JACS 2012).

Les études sur les lasers à base de polymères dopés par des colorants se sont fortement enrichies en passant de la géométrie quasi-2D (pour laquelle les liens entre forme et propriétés d'émission ont été abondamment explorés dans d'autres systèmes, notamment la transition vers le chaos) à une géométrie 3D. Le développement d'un scanner à angle solide pour étudier finement le diagramme d'émission est à cet égard une avancée expérimentale importante. Le comité d'experts encourage fortement cette évolution, qui permet à l'équipe de se positionner sur des problématiques fondamentales originales (ex : importance du caractère 3D et vectoriel du champ dans un laser à résonateur 3D).

Le comité d'experts a beaucoup apprécié par ailleurs le développement d'une nouvelle méthode de fabrication de cristaux photoniques tridimensionnels, par polymérisation photoinduite par absorption à un photon. La perfection des structures obtenues par cette méthode (plus versatile et moins coûteuse que l'approche traditionnelle basée sur l'absorption à deux photons) est remarquable.

Les études sur les dispositifs polymères à onde guidée ont permis la démonstration d'un modulateur électro-optique exploitant les propriétés non-linéaires d'un copolymère orienté sous champ électrique présentant un facteur de mérite supérieur aux composants en niobate de lithium, et de capteurs optofluidiques biochimiques de haute sensibilité (0,22 attogramme), exploitant la réponse optique d'un résonateur en anneau polymère.

La production scientifique de l'équipe est soutenue et de bonne qualité. On note cependant un manque relatif de publications dans des revues à fort impact (Facteur d'Impact > 7). La visibilité de l'équipe au plan international est bonne (>25 conférences invitées).

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

L'équipe est bien visible au plan national et international, grâce aux nombreuses communications invitées de trois de ses enseignants-chercheurs. Elle a organisé deux conférences en 2010 et 2012. Deux de ses enseignants-chercheurs participent à des expertises de haut niveau.

L'équipe a obtenu trois projets de l'Agence Nationale de la Recherche, ANR, dont un en coordination, et de nombreux contrats octroyés par les structures d'animation de la recherche en Île de France (Réseau thématique de recherche avancée - RTRA, Laboratoire d'Excellence - Labex, Centre de Compétences en Nanosciences - C'Nano). À contrario, l'implication dans des projets européens est très modeste sur la période (Réseau d'Excellence - REX Phoremest 2005-2008).

### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

L'équipe a très peu de projets en partenariat avec des acteurs industriels, ce qui est étonnant vu son positionnement thématique. Sur la période, elle a obtenu un contrat de recherche financé par la fondation EADS (European Aeronautic Defence and Space company) (composants photoniques à base de polymères à activité électro-optique). Elle a par ailleurs construit un partenariat avec le LNE (Laboratoire national de métrologie et d'essais), consacré au développement du capteur optofluidique.

Le comité d'experts recommande à l'équipe de lancer des collaborations avec des partenaires industriels ou des acteurs majeurs de la recherche technologique. Pour ces sujets, qui peuvent à moyen terme déboucher sur des applications concrètes, il est en effet essentiel d'affiner la stratégie de développement ultérieur et de valider la pertinence des objectifs poursuivis avec des utilisateurs potentiels.

Il est par ailleurs impératif d'inclure une réflexion approfondie autour de la question de la propriété intellectuelle. Il est étonnant et regrettable qu'aucun brevet n'ait été déposé par l'équipe sur la période concernée. La protection par des brevets de la propriété intellectuelle (PI) transférée est en effet un point clef pour toute entreprise souhaitant exploiter une technologie développée par un laboratoire. La réflexion « PI », même lorsqu'elle ne débouche pas sur une prise de brevet pour cause d'antériorité, permet aussi de faire le point sur le potentiel d'une technologie par rapport à ses concurrentes, et est un outil efficace d'orientation pour les études à finalité appliquée.

### Appréciation sur l'organisation et la vie de l'équipe

Bonne cohésion de l'équipe, dont la plupart des publications sont co-signées par plusieurs membres permanents. L'activité sur l'oscillateur optoélectronique reste cependant largement découplée des autres thèmes.

### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Même commentaire que pour les équipes E2 et E3 :

L'implication de l'équipe dans la formation par la recherche est excellente, aussi bien dans le cadre des enseignements locaux (ENS Cachan) que celui du Master international (MONABIPHOT Erasmus Mundus). Les enseignants-chercheurs et ITA de l'équipe contribuent activement à promouvoir les carrières recherche d'étudiants de qualité comme le montre le nombre important de stages menés dans l'équipe. Le comité d'experts note également une forte implication dans les GDR de spécialité visant à promouvoir et disséminer les savoirs d'une communauté.

### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

L'équipe « Composants et Technologie pour la Photonique » propose un projet dans la continuité de ses études antérieures, mais enrichi de nombreuses idées originales. En l'état, le projet proposé est intéressant et globalement réaliste à un horizon de cinq ans, même si une sélection reste à faire pour en contenir le caractère foisonnant.

Dans le domaine des cristaux photoniques, la fabrication de structures à coefficient non-linéaire périodique ouvre de riches perspectives fondamentales (quasi-accord de phase à 2D et 3D, accord de phase parfait, accordabilité spectrale des cristaux photoniques...) et appliquées. Le LPQM est très bien placé pour démontrer ces effets, dont l'étude expérimentale est encore peu développée au plan international. Le comité d'experts a également beaucoup apprécié le projet de « nanopointeur optique », qui vise à fabriquer des objets de dimension bien inférieure à la longueur d'onde (~100 nm) par polymérisation induite par absorption à un photon. Cette technique devrait s'avérer être un outil puissant et versatile de nanostructuration à 3D, applicable à la réalisation de métamatériaux ou de microstructures photoniques contenant des émetteurs (nanodiamants, boîtes quantiques) ou des nanoparticules métalliques à des positions choisies, comme le propose l'équipe.

Les études sur les microlasers à base de polymères seront recentrées sur l'étude des structures 3D, en s'appuyant sur de nouvelles méthodes de microstructuration disponibles au LPQM (écriture à 1 photon) ou par le biais de collaborations (CNRS/LPN, Georgia Tech). Les thèmes de recherche envisagés incluent l'étude des résonances de structures 3D, de systèmes à cavités couplées, des propriétés dynamiques des microlasers (recherche d'un potentiel régime de verrouillage de modes), le développement de microlasers hybrides semiconducteurs/polymères à pompage électrique. Parmi cet ensemble foisonnant d'opportunités, l'équipe devra probablement faire des choix pour se concentrer sur les sujets les plus prometteurs et les mieux adaptés aux compétences et moyens du LPQM.

L'équipe prévoit de poursuivre le développement des capteurs optofluidiques sans marqueur fluorescent et de composants électro-optiques pour les télécommunications (convertisseur opto-hyperfréquence pour la gamme 20-60 GHz). Le comité d'experts apprécie le rapprochement envisagé avec l'équipe hyperfréquences de Supélec, qui apporte au LPQM une expertise très complémentaire des siennes. La recherche de partenaires industriels (ou d'opérateurs de recherche pré-industrielle comme le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives CEA-LETI) est fortement recommandée par le comité d'experts, pour la thématique « capteurs biochimiques » comme pour la thématique « composants pour les communications optiques », pour les raisons explicitées plus haut. Le



comité d'experts émet quelques réserves quant au choix de développer des guides d'onde et dispositifs intégrés à base de cristal photonique, pour réduire les pertes optiques et gagner en compacité. La réduction des pertes optiques de propagation et de couplage aux entrées-sorties des dispositifs est un problème délicat et potentiellement fortement consommateur de temps et de ressources. La priorité devrait donc être mise sur la démonstration des fonctions de conversion opto-hyper recherchées, plutôt que sur la réalisation de composants à base de cristal photonique.

Dans la définition du choix de ses axes, l'équipe a pris soin d'exploiter au mieux les synergies internes potentielles de l'équipe et du LPQM. Le comité d'experts apprécie très favorablement cette démarche.

### Conclusion

Equipe dynamique et de très bon niveau, qui s'appuie sur la forte expertise du LPQM dans les domaines de l'ingénierie moléculaire, la mise en forme à l'échelle micro/nanométrique, et l'étude optique des polymères.

L'équipe peut améliorer dans l'avenir son impact scientifique, ainsi que la pertinence et la valorisation de ses études dans le domaine des composants. Pour cela, elle devra d'une part sélectionner quelques thèmes de recherche amont à fort impact potentiel, d'autre part construire des partenariats avec des industriels (et/ou des laboratoires de recherche pré-industrielle) pour ses études de composants. Un effort significatif devra être consacré à la prise de brevet pour protéger lorsque cela est pertinent les savoir-faire et innovations du laboratoire.



**Équipe 2:** Nano-photonique non linéaire et biophotonique

Nom du responsable: M. Joseph Zyss

Effectifs

| Effectifs de l'équipe  | Nombre au 30/06/2013 | Nombre au 01/01/2015 |
|--|----------------------|----------------------|
| <b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés                             | 2                    | 3                    |
| <b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés                        |                      |                      |
| <b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)       | 1                    | 1                    |
| <b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)                            |                      |                      |
| <b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.) | 2                    | 1                    |
| <b>N6</b> :Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)      |                      |                      |
| <b>TOTAL N1 à N6</b>   | <b>5</b>             | <b>5</b>             |

| Effectifs de l'équipe                                       | Nombre au 30/06/2013 | Nombre au 01/01/2015 |
|---|----------------------|----------------------|
| Doctorants  | 2                    |                      |
| Thèses soutenues  | 4                    |                      |
| Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité   | 1                    |                      |
| Nombre d'HDR soutenues                                      |                      |                      |
| Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées | 2                    | 2                    |



## • Appréciations détaillées

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'équipe nanophotonique moléculaire et biophotonique a été présente au LPQM dès sa fondation. Ses principales thématiques combinent la microscopie à l'optique non linéaire. Les deux axes principaux de l'équipe sont les propriétés optiques non linéaires de nanoparticules organiques, semiconductrices ou métalliques, et le développement de nouvelles méthodes non linéaires en microscopie. La génération de nouvelles fréquences, en particulier de seconde harmonique, est une des activités historiques de l'équipe et elle se continue avec les nouveaux nano-objets que sont les particules semi-conductrices (quantum dots), dont les signaux de seconde harmonique sont bien plus stables que ceux de luminescence. Il faut aussi signaler la génération de troisième harmonique par PbS et son application en archéologie (cheveux des momies). Une nouvelle direction est la microscopie multiphotonique de particules dopées aux terres rares. La combinaison de plusieurs fréquences d'excitation de la luminescence permet d'accéder à une super-résolution spatiale, par un principe très différent de ceux utilisés en microscopie de saturation (STED) ou utilisant les transitions de molécules individuelles (PALM-STORM). La microscopie électro-optique a été proposée il y a bientôt dix ans par l'équipe et permet d'imager les champs électriques statiques locaux. Ce nouveau contraste peut avoir des applications biologiques très intéressantes, en particulier pour imager les différences de potentiel de part et d'autre de membranes, mais ces applications n'en sont qu'à leurs premiers balbutiements. Des démonstrations crédibles de faisabilité et de leur pertinence biologique, au-delà d'échantillons inorganiques comme les cristaux de KTP, seraient les bienvenues.

La production scientifique de l'équipe est soutenue (14 publications dans des revues internationales à comité de lecture, RICL) et paraît dans des revues de très bon niveau. Toutefois, les journaux à très forte visibilité sont peu représentés. Le nombre des conférences invitées (14) montre que la thématique est bien perçue internationalement, mais il faudra veiller à ce que, au-delà du responsable, les autres membres de l'équipe participent à la présentation des résultats. Il faut évidemment noter que l'équipe a beaucoup souffert du décès prématuré de l'un de ses chercheurs sénior dans la période écoulée. En résumé, l'équipe présente des idées originales de grande qualité, mais le développement de ces idées en applications crédibles doit être poursuivi plus activement. Ceci devient particulièrement urgent dans la perspective du prochain départ à la retraite du chef d'équipe.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

La production de l'équipe est visible grâce aux nombreuses invitations à des conférences de son responsable. Elle poursuit des collaborations locales (ENS Cachan), nationales (École nationale de Chimie de Paris, ENSCP) et internationales en particulier avec Israël et l'Institut Weizmann (Laboratoire européen associé du CNRS LEA NaBi). Cependant, l'équipe est relativement peu impliquée dans des réseaux ou communautés, aux niveaux national et européen. Une des recommandations du comité d'experts est donc de renforcer l'insertion de l'équipe à ces deux niveaux, en particulier en recherchant des collaborations avec des utilisateurs potentiels des techniques développées. Le recrutement récent d'un jeune maître de conférence de l'Université Paris 5 est à cet égard très encourageant. L'application en biophotonique est donc une piste intéressante pour l'avenir de l'équipe.

### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

Il semble que l'équipe n'interagisse que peu avec son environnement socio-économique. Les possibilités d'applications des thématiques de l'équipe sont pourtant nombreuses et prometteuses. Dans la perspective du départ prochain de son principal animateur, l'équipe doit se poser la question du renforcement de ses activités en relation avec la recherche développement et chercher à initier des collaborations avec des biologistes, que ce soit dans le milieu académique ou celui des entreprises.

### Appréciation sur l'organisation et la vie de l'équipe

La structure de l'équipe est petite et ce critère est en conséquence peu pertinent. Il est clair que le décès d'un de ses membres a laissé un grand vide et perturbé l'équilibre de l'équipe. Le récent recrutement d'un maître de conférences va permettre de rétablir cet équilibre et ouvre une nouvelle thématique prometteuse (l'étude microscopique de micro-gouttes), en particulier pour ses possibilités d'applications en combinaison avec l'expertise de l'équipe.

## Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Même commentaire que pour les équipes E1 et E3:

L'implication de l'équipes dans la formation par la recherche est excellente, aussi bien dans le cadre des enseignements locaux (ENS Cachan) que celui du Master international (MONABIPHOT Erasmus Mundus). Les enseignants-chercheurs et ITA de l'équipe contribuent activement à promouvoir les carrières recherche d'étudiants de qualité comme le montre le nombre important de stages menés dans l'équipe. Le comité d'experts note également une forte implication dans les GDR (Groupement de Recherche) de spécialité visant à promouvoir et disséminer les savoirs d'une communauté.

## Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Les perspectives de recherche de cette équipe sont foisonnantes et incluent de multiples domaines. La plasmonique des nanostructures métalliques est un sujet très actuel sur lequel la compétition internationale est très vive. Les résultats récents sur ce domaine ont été obtenus en collaboration avec des équipes israéliennes, pour la préparation des structures. Le couplage à des objets organiques dans des structures hybrides est prometteur, mais le problème de leur préparation est ouvert, sans que l'apport potentiel des équipes du LPQM soit évident. La microscopie électro-optique est une idée originale du LPQM mise en avant il y a plusieurs années. Ce type de contraste a un fort potentiel pour fournir des informations nouvelles sur des échantillons biologiques. Une analyse similaire s'applique aux microscopies non linéaires multiphotoniques et aux images par génération d'harmoniques. Il est clair que ces nouvelles méthodes ont un grand potentiel et peuvent être complémentaires. Certaines de ces techniques sont d'ailleurs développées dans plusieurs laboratoires à travers le monde. Il est cependant encore difficile de se faire une idée précise de la qualité, des limitations et de la pertinence des images biologiques que cette microscopie peut fournir au LPQM. Des résultats préliminaires au-delà d'échantillons inorganiques seraient les bienvenus pour combler cette lacune. La génération de nouvelles fréquences, y compris de champs statiques (poling optique) pourrait avoir des applications intéressantes en microscopie de spécimens biologiques ou en stockage de l'information.

Cependant, toutes ces directions proposées dans le rapport sont très générales. Il n'est pas question pour une petite équipe de suivre toutes ces pistes simultanément. Il faudra donc faire des choix clairs sur les projets qui seront les plus activement poussés, et ceux sur lesquels les avancées les plus significatives sont attendues. La nouvelle activité de microscopie sur les micro-gouttes est très riche d'applications potentielles et méritera d'être insérée de manière plus cohérente dans la politique de l'équipe et dans ses collaborations à l'intérieur de l'Institut d'Alembert.

## Conclusion

En conclusion l'équipe 'Nanophotonique non linéaire et biophotonique' a un très bon niveau et a montré une production de grande qualité dans la période écoulée. Le problème de son avenir va cependant se poser de façon urgente avec le départ de son principal animateur. Les projets proposés montrent bien tout le potentiel des techniques développées par l'équipe, mais il est évident que toutes ces directions ne pourront être suivies. Il faudra donc faire des choix. Les microscopies électro-optique et multiphotoniques ou les techniques d'imagerie par nanoparticules sondes générant des signaux harmoniques sont à l'évidence très prometteuses, mais leur généralisation requiert maintenant des démonstrations crédibles de leurs performances sur des échantillons et des problèmes réalistes. Plus généralement, le développement de nouvelles techniques de microscopie est un domaine très compétitif où de grands laboratoires étrangers ont pris une avance considérable, et où il est très difficile de convaincre les utilisateurs potentiels et l'industrie. Il est donc judicieux de chercher des applications à l'interface de différentes techniques, où l'expertise de l'équipe en optique non linéaire est un atout précieux.





**Équipe 3:** Nanophotonique et nanothermique ultrarapides

**Nom du responsable:** M. Bruno PALPANT

**Effectifs**

| <b>Effectifs de l'équipe</b>   | <b>Nombre au 30/06/2013</b> | <b>Nombre au 01/01/2015</b> |
|--|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés                             | 1,5                         | 1,5                         |
| <b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés                        |                             |                             |
| <b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)       | 1                           | 1                           |
| <b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)                            |                             |                             |
| <b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.) | 2                           | 2                           |
| <b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)     |                             |                             |
| <b>TOTAL N1 à N6</b>   | <b>4,5</b>                  | <b>4,5</b>                  |

| <b>Effectifs de l'équipe</b>                                | <b>Nombre au 30/06/2013</b> | <b>Nombre au 01/01/2015</b> |
|---|-----------------------------|-----------------------------|
| Doctorants  | 2                           |                             |
| Thèses soutenues  | 1                           |                             |
| Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité   | 1                           |                             |
| Nombre d'HDR soutenues                                      |                             |                             |
| Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées | 1                           | 1                           |

## • Appréciations détaillées

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'équipe nanophotonique et nanothermique ultrarapides a été rattachée au LPQM en septembre 2009 (en provenance de l'Institut des nanosciences de Paris - Université Pierre et Marie Curie, INSP-UPMC). Elle se focalise sur la plasmonique, la conversion lumière-chaleur et les transferts d'énergie aux petites échelles de temps et d'espace. Son outil expérimental est principalement la spectroscopie pompe-sonde résolue spectralement et temporellement. Les axes de l'équipe sont (1) la conception et la mise en œuvre de modèles, (2) la plasmonique ultra-rapide dans les nanoparticules métalliques, (3) le couplage plasmonique-photonique ultra-rapide, (4) le transfert thermique photo-induit aux petites échelles de temps et d'espace et (4) les nanosources de chaleur pour la chimie et la biologie. Ces thématiques, assez homogènes, donnent une visibilité claire à l'équipe.

La thématique de recherche nanothermique est jugée pertinente, en comparaison à la plasmonique qui est largement abordée par d'autres groupes (y compris nationaux). La conjonction d'efforts en modélisation et en expérimentation est particulièrement judicieuse pour rendre compte d'effets géométriques et coopératifs souvent complexes (réponse ultra-rapide d'assemblées de nanoparticules). Le comité d'experts note plusieurs résultats marquants de qualité rapportés sur la période d'évaluation.

La qualité et la production scientifique de l'équipe est bonne (14 publications dans des revues internationales à comité de lecture, RICL) dans des revues internationales de qualité, ainsi que deux chapitres de livres dans des ouvrages spécialisés qui apparaissent comme des contributions sur les fondements du couplage optique/thermique dans des nanoparticules métalliques et diélectriques. On note cependant une faiblesse dans la production de papiers à forte visibilité (Physical Review Letters, Nano Letters, American Chemical Society Nano, Nature publishing group...) qui devraient être accessibles dans le cadre des recherches menées. Un effort devra être fait dans cette direction quand les opportunités le permettront.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Le rayonnement de l'équipe est très correct si l'on considère les publications RICL et les communications dans les congrès spécialisés. On attend dans les années à venir plus de contributions invitées qui marqueraient le leadership de l'équipe. Le comité d'experts a apprécié l'implication de l'équipe dans les laboratoires d'excellence Labex, réseaux thématiques et groupements de recherche, GDR, un critère qui confirme sa santé scientifique. On note par ailleurs plusieurs collaborations nationales et internationales dans les projets de recherches en cours ou à venir ainsi que des actions d'expertise pour des agences et journaux internationaux.

Alors que les implications dans les projets de l'agence national de la recherche, ANR sont correctes, l'équipe est absente de la scène européenne aussi bien dans les projets collaboratifs que dans les réseaux de formation initiale (ITN). Ce point sera à travailler dans le prochain quadriennal.

### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

Alors que l'interaction de l'équipe est bonne avec le monde académique, celle avec les acteurs sociaux et économiques apparaît comme faible ou inexistant. Il s'agit d'un point à travailler dans le contexte du contrôle de la température aux petites échelles, de l'auto-assemblage ou encore du modulateur rapide à cavité hybride. On note par ailleurs une absence de brevets déposés ou en cours de dépôt. Cette situation est à corriger.

### Appréciation sur l'organisation et la vie de l'équipe

La structure de l'équipe est petite et ce critère est en conséquence peu pertinent. Le comité d'experts note cependant un dynamisme et une cohésion dans l'équipe dont le crédit est à porter, en particulier, sur son responsable. Le comité d'experts est par contre plus réservé quant à l'éloignement de cette équipe par rapport au barycentre du LPQM. Il apparaît que les interactions ont été rendues plus difficiles et que l'information a eu plus de mal à circuler du fait de l'éloignement géographique. L'équipe est par ailleurs constituée exclusivement de permanents relevant de l'École Centrale de Paris, un statut unique en comparaison des autres équipes du LPQM, cette situation peut générer un clivage statutaire quant à l'évolution des carrières. Dans ce contexte le comité d'experts recommande de favoriser tous les rapprochements possibles avec les autres équipes du LPQM ainsi que le mixage des



personnels (ENS Cachan, CNRS, École Centrale de Paris). Le comité d'experts a bien noté que ce clivage géographique sera atténué (sans disparaître complètement) sur le site à venir de Saclay. Dans tous les cas il semble inenvisageable que l'École Centrale de Paris ECP ne devienne pas une tutelle du LPQM dans le cadre du prochain quadriennal.

### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Même commentaire que pour les équipes E1 et E2:

L'implication de l'équipes dans la formation par la recherche est excellente, aussi bien dans le cadre des enseignements locaux (ECP) que celui du Master international (MONABIPHOT Erasmus Mundus). Les enseignants-chercheurs et ITA de l'équipe contribuent activement à promouvoir les carrières recherche d'étudiants de qualité comme le montre le nombre important de stages menés dans l'équipe. Le comité d'experts note également une forte implication dans les GDR de spécialité visant à promouvoir et disséminer les savoirs d'une communauté.

### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Le projet est cohérent et pertinent. Il reste ancré dans les thématiques phares de l'équipe.

Du point de vue instrumental, l'idée de développer un mode microscopique pour réaliser les expériences pompe-sonde est bonne. On pourra envisager de réaliser des mesures spatiales en mettant en place les contrôles de faisceaux adéquats. Il serait également intéressant de développer des études sur des objets individuels permettant de s'affranchir des moyennes d'ensemble. Les applications vers la biologie (thermique des bi-couches lipidiques, liposomes plasmoniques, nanoparticules hybrides, hyperthermie locale) sont très pertinentes et doivent jouer un rôle moteur dans le cadre de l'Institut d'Alembert. L'ouverture vers les nanoréacteurs est très intéressante et laisse envisager des développements à température ambiante d'une chimie originale. Le couplage localisé plasmon-photon est intéressant mais devra se soucier des avancées dans le domaine des cristaux photoniques reconfigurables par effets non linéaires instantanés. Finalement le comité d'experts donne son soutien au projet sur le couplage onde / phonon-polariton, un sujet qui a fait les belles heures des équipes de l'École Centrale de Paris dans le passé.

### Conclusion

En conclusion l'équipe 'Nanophotonique et nanothermique ultrarapides' est jugée comme très bonne. Elle peut encore gagner en qualité scientifique en 'accrochant' quelques papiers d'excellence dans le cadre du prochain quadriennal. L'expertise de ses membres est incontestable et la mise en œuvre de leurs projets est efficace et réfléchi. Le projet scientifique est très bon aussi, on cherchera d'une part à 'cultiver la différence' dans un domaine scientifique très compétitif pour publier au plus haut niveau. On cherchera d'autre part à rééquilibrer l'équipe sur les aspects de valorisation et de l'interaction avec le monde socio-économique.

Cette équipe doit par ailleurs jouer un rôle moteur dans la vie du LPQM (suite au départ des équipes sortantes) en potentialisant sur ses acquis et projets. Le comité d'experts donne tout son soutien à cette équipe pour ses travaux dans le cadre du prochain quadriennal.



**Équipe 4:** Propriétés des nanostructures hybrides

**Nom du responsable:** M<sup>me</sup> Emmanuelle DELEPORTE

Effectifs

| Effectifs de l'équipe  | Nombre au 30/06/2013 | Nombre au 01/01/2015 |
|--|----------------------|----------------------|
| <b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés                             | 2                    |                      |
| <b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés                        |                      |                      |
| <b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)       |                      |                      |
| <b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)                            |                      |                      |
| <b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.) |                      |                      |
| <b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)     |                      |                      |
| <b>TOTAL N1 à N6</b>   | 2                    |                      |

| Effectifs de l'équipe                                       | Nombre au 30/06/2013 | Nombre au 01/01/2015 |
|---|----------------------|----------------------|
| Doctorants  | 3                    |                      |
| Thèses soutenues  | 4                    |                      |
| Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité   | 1                    |                      |
| Nombre d'HDR soutenues                                      | 1                    |                      |
| Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées | 2                    |                      |



## • Appréciations détaillées

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'activité de cette petite équipe, constituée autour d'un professeur des universités et d'un maître de conférence, se décline en deux volets consacrés à l'étude optique des puits quantiques de pérovskites et des nanotubes de carbone.

Les études s'appuient sur des collaborations très fortes, notamment avec le laboratoire de chimie de l'Institut d'Alembert (synthèse de nouveaux matériaux pérovskites, fonctionnalisation de nanotubes), le laboratoire de Photonique et de Nanostructures, LPN (physique des microcavités optiques), le laboratoire Pierre Aigrain de l'ENS, ENS/LPA et le laboratoire Charles Coulomb pour l'étude spectroscopique du nanotube unique ; celles-ci ont permis à l'équipe d'avoir une masse critique et un positionnement différenciant sur ses deux axes de recherche.

Les résultats obtenus sur la période sont au meilleur niveau international. On retiendra tout particulièrement 1) la mise en évidence de polaritons hybrides dans une cavité à base de ZnO et de pérovskite et l'amélioration très significative du facteur de qualité de ces microcavités hybrides, qui sont potentiellement des étapes importantes vers l'observation de la condensation de Bose des polaritons à température ambiante ; 2) les avancées très marquantes en spectroscopie de nanotubes de carbone semiconducteurs (notamment la première observation du biexciton et celle de transferts d'excitation très efficaces entre nanotubes et chromophores greffés), obtenues dans un contexte international très compétitif.

Sur la période, la production scientifique de cette petite équipe a été soutenue et d'excellent niveau (41 articles dans des revues internationales à comité de lecture, RICL dont 1 Nature Materials, 2 Physical Review Letters, 2 American Chemical Society Nano, 1 Journal of the American Chemical Society pour ne citer que les revues à facteur d'impact IF >7). L'impact des travaux au plan international est lui aussi très bon, comme l'attestent de nombreuses conférences invitées (13 sur la période).

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

L'équipe a su obtenir des ressources contractuelles conséquentes sur la période notamment via 5 projets de l'agence nationale de la recherche, ANR et 5 projets Réseau thématique de recherche avancée, RTRA ou Centre de Compétences en Nanosciences d'Île de France, C'Nano IdF. L'implication dans la coordination de projets est forte (3 ANR et 3 RTRA ou C'Nano). Par contre, l'implication dans des projets internationaux se limite à l'échange d'étudiants (pas de projet européen sur la période).

L'équipe est attractive vis-à-vis des doctorants (4 thèses soutenues, 3 en cours) et recrute à un bon niveau.

Les membres de l'équipe ont co-organisé la principale conférence internationale sur les excitons (International Conference on Optics of Excitons in Confined Systems, OECS 2012, > 300 participants) ainsi que la réunion annuelle du Groupement de recherche international GdR-i « graphène et nanotubes » en 2011.

### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

Bonne implication dans les actions de communication en direction du grand public.

Les interactions avec des partenaires extra-académiques sont faibles, probablement du fait du positionnement très amont des thématiques portées par l'équipe.

### Appréciation sur l'organisation et la vie de l'équipe

Critère non applicable compte tenu de la petite taille de l'équipe.

Bien que l'équipe mène deux thématiques assez différentes en parallèle, sa cohésion interne est très forte, comme le montre le grand nombre d'articles co-signés par ses membres permanents.



### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Forte implication dans la formation par la recherche au niveau L3, Master et thèse (4 thèses soutenues sur la période, 3 en cours).

### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Non applicable (départ de l'équipe pour le LAC)

### Conclusion

Excellente équipe, dynamique et de niveau international. Le comité d'experts souhaite que cette équipe puisse continuer à s'épanouir dans son nouveau cadre et puisse bénéficier rapidement de locaux adaptés au Laboratoire Aimé Cotton, LAC.



**Équipe 5:** Nanophotonique quantique

**Nom du responsable:** M. Jean-François ROCH

Effectifs

| Effectifs de l'équipe  | Nombre au 30/06/2013 | Nombre au 01/01/2015 |
|--|----------------------|----------------------|
| <b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés                             | 2                    |                      |
| <b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés                        | 2                    |                      |
| <b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)       |                      |                      |
| <b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)                            |                      |                      |
| <b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.) | 1                    |                      |
| <b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)     |                      |                      |
| <b>TOTAL N1 à N6</b>   | <b>5</b>             |                      |

| Effectifs de l'équipe                                       | Nombre au 30/06/2013 | Nombre au 01/01/2015 |
|---|----------------------|----------------------|
| Doctorants  | 4                    |                      |
| Thèses soutenues  | 7                    |                      |
| Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité   | 2                    |                      |
| Nombre d'HDR soutenues                                      |                      |                      |
| Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées | 2                    |                      |

## • Appréciations détaillées

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'équipe 'Nanophotonique quantique' a démarré sur le thème des études de nanoémetteurs lumineux individuels, en particulier des centres colorés NV dans le diamant. Plus récemment, elle a développé un nouveau thème de biophotonique, où des nanodiamants peuvent servir de sondes très stables de processus biologiques.

La production de cette équipe au cours des cinq années écoulées a été abondante et de qualité excellente, avec 41 articles (Revue internationales à comité de lecture) et 31 invitations à des conférences. L'équipe fait montre d'un grand dynamisme et aborde fréquemment de nouveaux thèmes. Ses résultats sont au meilleur niveau international et soutiennent la comparaison avec de bien plus grosses équipes comme celles de Wrachtrup à Stuttgart ou d'Awschalom à University of California, Santa Barbara, UCSB. La thématique biophotonique, développée à partir de l'usage de nanodiamants comme sondes très stables de processus biologiques, a également produit de nombreux résultats originaux et semble promise à un bel avenir. Le comité d'experts déplore que cette dernière activité n'ait pu se maintenir au LPQM où elle était un complément naturel et bienvenu aux activités de l'équipe E2.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

L'équipe a un excellent rayonnement international et a su attirer des jeunes chercheurs dynamiques et de grande qualité. Sa position de leader en spectroscopie de centres NV uniques est confirmée par une production scientifique de qualité et un grand nombre d'invitations des divers membres de l'équipe dans les congrès.

### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

Les sujets abordés par l'équipe sont très fondamentaux. Il n'y a encore que peu d'interaction avec l'environnement socio-économique.

### Appréciation sur l'organisation et la vie de l'équipe

La thématique initiale des nanocristaux de diamant s'est diversifiée en deux activités, l'une de physique sur l'ingénierie des centres NV et la détection et manipulation de spins uniques, l'autre sur la vectorisation de nanodiamants pour le marquage biologique. Ces deux composantes paraissent coexister et s'enrichir mutuellement, au point de s'être rattachées ensemble au Laboratoire Aimé Cotton, LAC.

### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Forte implication dans la formation par la recherche au niveau L3, Master et thèse (7 thèses soutenues sur la période, 4 en cours)

### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Non applicable (départ de l'équipe pour le Laboratoire Aimé Cotton, LAC)

### Conclusion

Il s'agit d'une excellente équipe, dynamique et de niveau international. Le comité d'experts souhaite que cette équipe puisse continuer à s'épanouir dans son nouveau cadre et puisse bénéficier rapidement de locaux adaptés au Laboratoire Aimé Cotton, LAC.





## 5 • Déroulement de la visite

### Dates de la visite

Début : 18 décembre 2013 à 12h00

Fin : 19 décembre 2013 à 18h00

### Lieu de la visite

Institution : École Normale Supérieure de Cachan

Adresse : 61 Av du Président Wilson 94235 Cachan

### Deuxième site éventuel

Institution : École Centrale de Paris

### Locaux spécifiques visités :

Laboratoires expérimentaux

### Déroulement ou programme de visite

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| <b>Mercredi 18 Décembre 2013 :</b> | École Centrale de Paris  |
| 16h 30                             | Arrivée sur le site de l'ENSC - Départ pour le site de l'École Centrale de Paris (ECP) |
| 17h - 17h 30                       | Présentation équipe E3 (Nanophotonique et Nanothermique ultrarapides)                  |
| 17h 30 - 17h 50                    | Visite de l'équipe E3  |
| 18 h :                             | Rencontre avec M <sup>me</sup> Estelle IACONA, VP recherche de l'ECP                   |
| <b>Jeudi 19 Décembre 2013 :</b>    | LPQM/IdA - Auditorium Daniel Chemla  |
| 7h 30 - 8h 30 :                    | réunion à huis-clos du comité d'experts  |
| 8 h 30 - 9 h 30 :                  | Présentation DU  |
| 9 h 30 -10h 00 :                   | Présentation Equipe E1 (Composants et technologies pour la photonique)                 |
| 10h 00 -10h 30 :                   | Présentation Equipe E2 (Nano-photonique nonlinéaire et bio-photonique)                 |
| 10 h 30 - 10h 50 :                 | Pause - café   |
| 10h 50 - 11h 10 :                  | Propriétés optiques de nanostructures hybrides   |
| 11h 10 - 11h 00 :                  | Nano-photonique quantique  |
| 11h 30 - 12h 00 :                  | Rencontre avec le conseil de laboratoire LPQM (hors DU)                                |



- |                   |   |
|-------------------|---|
| 12h 00 - 12h 20 : | Rencontre avec la directrice de l'École Doctorale Sciences Pratiques - M <sup>me</sup> Isabelle LERAY |
| 12h 20 - 13h 30 : | Déjeuner - buffet sur place   |
| 13h 30 - 13h 50 : | Réunion des doctorants à huis-clos  |
| 13h 50 - 14h 10 : | Réunion avec les ITA à huis-clos  |
| 14h 10 - 14h 30 : | Réunion avec le DU à huis-clos  |
| 14h 30 - 15h 40 : | Visite des laboratoires (équipe E1, équipe E2)  |
| 15h 40 - 16h 00 : | Réunion avec le directeur de l'IdA  |
| 16h 00 - 16h 40 : | Rencontre avec les tutelles   |
| 16h 40 - 18h 00 : | Réunion du comité d'experts à huis-clos   |



## 6 ● Observations générales des tutelles

A Cachan, le 27 Mars 2014

Monsieur Pierre Glaudes  
Directeur de la section des unités de  
recherche de l'AERES  
20, rue Vivienne  
75002 Paris

N/Réf.: PPZ/SP/CD 14-111

Objet : S2PUR150008021 - LPQM - Laboratoire de Photonique Quantique et Moléculaire -  
0940607Z

Monsieur le Directeur,

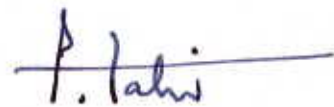
L'Ecole normale supérieure de Cachan a pris connaissance du rapport d'évaluation du LPQM. Au nom de l'unité de recherche, elle remercie vivement le comité d'experts pour la qualité de son travail et la pertinence des observations détaillées et des recommandations auquel elle sera très attentive.

L'Ecole normale supérieure de Cachan se félicite de l'évaluation globalement positive de l'unité de recherche et apprécie également l'analyse qui a été faite par le comité sur les évolutions du paysage régional et sur la stratégie que devra avoir le LPQM dans ce contexte. L'ENS Cachan est également très attentive aux risques et opportunités liés au contexte et aux évolutions récentes du laboratoire. L'analyse du comité conforte la stratégie engagée pour soutenir le laboratoire dans cette période de transformation.

L'établissement souhaite également remercier la directrice de l'unité Isabelle Ledoux et les responsables des équipes pour leur action au cours des 5 dernières années et pour leur travail de réflexion pour le futur

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de mes salutations distinguées.

Pierre Paul Zalio



Président de l'ENS Cachan

## Laboratoire de Photonique Quantique et Moléculaire – UMR CNRS 8537

Isabelle LEDOUX-RAK, Directrice, Professeur au département de Physique  
Ecole Normale Supérieure de Cachan – 61 avenue du Président Wilson  
94230 Cachan - FRANCE  
Tél. : 33 (0)1 47 40 55 60 – Fax : 33 (0)1 47 40 55 67  
e-mail : ledoux@lpqm.ens-cachan.fr  
<http://www.lpqm.ens-cachan.fr>

Cachan, le mardi 8 avril 2014

Commentaires sur le rapport de l'AERES sur le LPQM

**(référence S2PUR150008021 – LPQM – Laboratoire de Photonique Quantique et Moléculaire – 0940607Z)**

Le LPQM remercie le comité d'évaluation AERES pour son rapport détaillé et positif. Il aura soin de mettre en œuvre les recommandations du comité, tout à fait pertinentes, au cours du prochain exercice quinquennal.

Les remarques qui suivent ont pour objet de répondre à certaines recommandations et de mettre en lumière l'origine des points faibles relevés par le Comité.

### **I – APPRÉCIATIONS GLOBALES SUR L'ENSEMBLE DE L'UNITÉ**

#### **1 – Situation de l'équipe 3 et relations avec l'Ecole Centrale de Paris (ECP)**

Le comité souligne les problèmes soulevés par l'éloignement géographique de l'équipe 3, implantée sur le site de l'ECP. Ces problèmes, bien que réels, n'empêchent pas une forte collaboration de cette équipe avec le reste du LPQM, notamment avec l'équipe 1 (projet en cours). Le LPQM prendra soin de faciliter des contacts plus fréquents, via des réunions, des séminaires, des visites d'étudiants de l'ENS Cachan à l'ECP, le montage de projets communs pour soumission à des appels à projets, etc. Les activités de l'Institut d'Alembert sont également l'occasion de contacts et de rencontres.

L'ensemble du LPQM, y compris les membres de l'équipe, est plus positif que le comité sur le rôle bénéfique du rapprochement géographique qui sera réalisé lors du transfert de l'ECP et de l'ENS Cachan sur le plateau de Saclay à l'horizon 2018. Les deux campus seront immédiatement voisins et les personnels du LPQM pourront se déplacer à pied de l'un à l'autre, sur une distance comparable, voire plus faible que les déplacements actuellement requis pour traverser le campus de l'ECP.

L'installation de l'équipe 3 dans les locaux du plateau de Saclay s'accompagnera d'une forte augmentation des surfaces disponibles (d'un facteur 2,5). Ce qui permettrait, au choix, les opérations suivantes :

- Transfert d'une équipe ou d'un petit groupe du LPQM dans les locaux de l'équipe 3 à l'ECP.
- Accueil de nouveaux personnels appartenant à l'équipe 3.
- Accueil d'une nouvelle équipe rejoignant le LPQM.

Ces opérations permettraient d'effectuer le rééquilibrage demandé par le comité.

D'autre part, sur le plan institutionnel, le LPQM approuve entièrement la demande du comité concernant la future co-tutelle de l'ECP sur le LPQM, conjointement à l'ENS Cachan et au CNRS.

## **2 - Interactions avec le monde économique, social et culturel**

Il semble que le comité ait retenu principalement l'aspect économique de ces interactions, les aspects sociaux et culturels étant peu soulignés malgré l'implication du Laboratoire dans plusieurs actions de médiation scientifique. Rappelons que le laboratoire a été très actif dans des activités type exposé au grand public, journées portes ouvertes, café sciences, fête de la science, nuit des chercheurs, exposition Lippmann, etc.

Le comité soulève très légitimement le manque de brevets. Le laboratoire tient à rappeler que la protection de la propriété intellectuelle par des brevets doit être financée et que son financement sur les moyens du laboratoire pourrait se faire au détriment d'autres actions. Il convient donc d'envisager et de mettre en œuvre la protection intellectuelle dès que certaines réalisations des équipes présentent des perspectives d'application et d'exploitation intéressantes. La création de la SATT Paris Saclay ouvre des possibilités intéressantes à cet égard.

Un projet a été déposé auprès de l'Idex Paris – Saclay (pré-maturation) en vue de breveter un dispositif de positionnement 3D mis au point au laboratoire. Ce projet (intitulé « SASNano ») a été finalement sélectionné tout début avril 2014 et bénéficiera d'une enveloppe de 70 000 euros. Il s'agit là d'une première réponse allant dans le sens des recommandations du comité.

D'autre part, le Laboratoire est impliqué dans une action de valorisation de son capteur optofluidique, action menée conjointement avec le LBPA dans le cadre de l'Institut d'Alembert et financée, à hauteur de 40 000 euros, par les Labex PALM et NanoSaclay (projet BOAB). Ce projet a permis de mettre au point un prototype utilisable par des non-physiciens (chimistes ou biologistes). Il est envisagé de répondre à d'autres appels d'offre « Valorisation » du plateau de Saclay ou de la Région Ile de France pour financer le coût du dépôt d'un brevet portant sur certains aspects instrumentaux de cet appareillage.

Enfin, la prise de brevets n'est pas la seule issue pour faire déboucher la recherche sur des applications utilisables à plus grande échelle. Par exemple, l'équipe 3 a un partenaire hospitalier en cancérologie, et ses activités dans ce contexte pourraient conduire à terme à de nouveaux procédés thérapeutiques.

## **3 – Publications dans des revues à haut facteur d'impact**

Le comité recommande aux membres du LPQM de publier dans des revues à haut facteur d'impact (> 7). La principale raison de la situation actuelle au LPQM à cet égard tient au fait que les revues à haut IF en physique exigent souvent des articles courts, sous forme de lettres. Or, les chercheurs du LPQM préfèrent en général publier des articles plus longs, dans des revues comme PRB ou Opt. Express ou JOSA B, de facteur d'impact moins élevé parce que moins généralistes, mais fortement reconnues au sein de la communauté.

Cependant, le Laboratoire sera attentif à cet aspect et tentera d'amorcer des publications dans ces revues à haut IF. On s'efforcera par exemple de faire lire un manuscrit en instance de soumission à tous les permanents du laboratoire, qui pourront porter sur ce texte un regard différent et proposer des améliorations pertinentes.

## **4 – Autres remarques**

Page 6 : La liste des pays partenaires peut être élargie, des collaborations étroites existent entre le LPQM et des pays tels que Taiwan, le Vietnam (PICS), la Russie (ITMO St Pétersbourg), l'Italie (Université de Milan), l'Allemagne (LMU, Munich), la Tunisie (Sfax, bientôt Monastir), le Canada (Université de Moncton)

Page 7, dernier paragraphe : la réorientation du LPQM vers une activité moins « quantique » est une évidence du fait du départ de l'équipe de Nanophotonique Quantique. Cependant, les aspects quantiques sont encore bien présents au sein du LPQM via les études sur les objets nanométriques.

## **II – APPRÉCIATIONS PAR EQUIPE**

### **Equipe 1**

L'équipe est impliquée dans d'autres masters que ceux mentionnés dans le rapport, notamment au niveau master à l'international : nouvelle université vietnamienne USTH (consortium franco-vietnamien), ECNU à Shanghai, (avec les 3 ENS Françaises), Master IST à Paris Saclay, Université ITMO à Saint Pétersbourg.

Projets européens : le comité a omis de mentionner la contribution de l'équipe au STREP Microfluid, et sa sélection pour le projet RBUCE-UP, permettant le financement d'un post-doc de haut niveau pendant 2 ans.

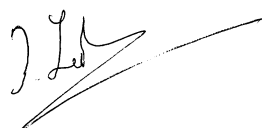
### **Equipe 2**

L'analyse du comité sur la thématique microfluidique semble se limiter aux aspects microscopie (voir page 14). Or, l'activité sur les microgouttes va bien –delà de cette dimension. L'aspect digital est en particulier très novateur.

Le travail sur les différentes microscopies ne se limite pas aux seuls échantillons inorganiques. Plusieurs publications portent sur des objets biologiques ou biomimétiques.

### **Equipe 3**

En ce qui concerne l'implication dans la formation par la recherche : l'équipe est impliquée dans d'autres masters que l'ECP et MONABIPHOT. Elle intervient dans 3 autres Master co-habilités par des établissements de Paris Saclay.



Cachan, le 8 avril 2014  
Isabelle Ledoux-Rak, Directrice du LPQM