



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

Section des Unités de recherche

Évaluation de l'AERES sur l'unité :

Laboratoire Aimé Cotton

LAC

sous tutelle des  
établissements et organismes :

Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS

Université Paris-Sud

ENS Cachan



Janvier 2014



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. Philippe BALCOU, 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 Aimé Cotton

Acronyme de l'unité : LAC

Label demandé : UMR

N° actuel : CNRS UPR 3321

Nom du directeur  
(2013-2014) : M. Jean-François ROCH

Nom du porteur de projet  
(2015-2019) : M. Jean-François ROCH

## Membres du comité d'experts

Président : M. Philippe BALCOU, CELIA, Bordeaux

Experts : M. Christian BORDAS, ILM, Lyon (représentant du CoNRS)

M. Laurent COGNET, LP2N, Bordeaux

M. David GUÉRY-ODELIN, LCAR, Toulouse

M. Fedor JELEZKO, Université d'Ulm, Allemagne

M. Frédéric MERKT, ETH, Zurich, Suisse

M<sup>me</sup> Maud ROTGER, GSMA, Reims (représentante du CNU)

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Charles HIRLIMANN



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

M. Alain ABERGEL, Département de physique de la Faculté des Sciences d'Orsay

M. Etienne AUGE, Université Paris-Sud 11

M<sup>me</sup> Véronique DEBISSHOP, CNRS

M. Jean-Jacques GREFFET (Directeur de l'École Doctorale n°288 Ondes et Matière)

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

M<sup>me</sup> Pascale ROUBIN, INP CNRS



## 1 • Introduction

### Historique et localisation géographique de l'unité

Depuis sa création, le statut est celui d'une unité propre du CNRS. Le laboratoire est situé sur le campus de l'Université Paris-Sud à laquelle il est associé de longue date (convention signée le 7 février 1979). Plus récemment, l'unité est devenue laboratoire associé à l'École Normale Supérieure de Cachan (convention signée le 17 décembre 2012). Conformément à la lettre de mission donnée à M. Jean-François ROCH par le directeur de l'INP et les présidents de l'ENS Cachan et de l'Université Paris-Sud, le projet pour la période 2015-2019 propose que le laboratoire Aimé Cotton devienne au 1er janvier 2015 une unité mixte de recherche (UMR) ayant comme tutelles le CNRS, l'Université Paris-Sud 11 et l'ENS Cachan.

### Équipe de direction

Directeur : M. Jean-François ROCH, professeur des universités, ENS Cachan

Directeur-adjoint : M. Olivier DULIEU, directeur de Recherche CNRS

Sous-directeur : M. Jacques ROBERT, professeur des universités, Université Paris-Sud

### 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	18	18,5
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	26	22
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	26	26
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	1	
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	16	15
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)	2	3
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>89</b>	<b>84,5</b>



Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	31	
Thèses soutenues	51	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	21	
Nombre d'HDR soutenues	5	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	26	26

## 2 • Appréciation sur l'unité

### Avis global sur l'unité

Le Laboratoire Aimé Cotton est riche d'une grande tradition dans le domaine de la physique atomique, moléculaire, optique, agrégats, depuis les gaz ultra-froids jusqu'aux plasmas chauds. De nombreuses recherches y sont menées au meilleur niveau mondial ; il bénéficie en outre de conditions exceptionnelles, depuis des ressources humaines de premier plan, jusqu'à un environnement scientifique unique au cœur du plateau de Saclay. Pour des raisons diverses, le Laboratoire Aimé Cotton apparaît également comme étant au milieu d'une phase de transition rendue indispensable par les retraites successives, effectuées ou à venir, de plusieurs chercheurs ou dirigeants emblématiques, ainsi que par l'évolution globale du système national de recherche. Une nouvelle équipe de direction a apporté un projet stratégique à long terme, et entreprend de nécessaires réformes structurelles : arrivée de l'ENS Cachan comme établissement co-tutelle, implication renforcée de l'Université Paris Sud par le passage au statut d'Unité Mixte de Recherche, plan immobilier ambitieux, renouvellements thématiques, réorganisation interne... Toutes ces transitions presque simultanées ont pu créer un sentiment d'anxiété parmi une fraction du personnel. Le Laboratoire Aimé Cotton doit maintenant savoir tourner la page, assumer certains renouvellements thématiques, et se réorganiser pour aborder au mieux la concurrence nationale et internationale tout en s'insérant dans la nouvelle organisation du plateau de Saclay. Cet ensemble, porté par la direction actuelle, est nécessaire pour permettre au LAC de continuer à apporter des contributions scientifiques majeures pendant de nombreuses années.

### Points forts et possibilités liées au contexte

Le Laboratoire Aimé Cotton bénéficie d'une conjonction exceptionnellement favorable de points forts, et de chances liées à son contexte. Il reçoit un soutien fort de l'Institut de Physique du CNRS, avec une dotation annuelle très substantielle, même en prenant en compte les frais structurels ; le nombre et la compétence des personnels ingénieurs et techniciens sont remarquables. Par ailleurs, le LAC est de facto et depuis longtemps associé à l'Université Paris-Sud par de nombreux enseignants-chercheurs, ou bien par la participation à l'enseignement de chercheurs CNRS ; la transition vers un statut d'Unité Mixte de Recherches apparaît ainsi comme naturelle. Enfin, l'École Normale Supérieure de Cachan a décidé de s'impliquer auprès du LAC par l'association de deux équipes, puis en tant que tutelle. Ces deux établissements, l'Université Paris Sud et l'ENS Cachan, forment certains des meilleurs étudiants français en sciences, assurant au LAC un flux d'excellents doctorants. Le LAC est très impliqué dans plusieurs structures fédératives ou d'animation scientifique : l'ancien RTRA Triangle de la Physique, les labex PALM et Nano-Saclay, le DIM Nano-K de la région Île-de France, la fédération LUMAT. Enfin, le LAC est situé au cœur du grand projet d'Université Paris-Saclay, et en bénéficiera directement via une opération immobilière ambitieuse. Au plan national, il existe très peu de laboratoires disposant de conditions aussi privilégiées.



### Points faibles et risques liés au contexte

Du fait de l'évolution globale des thèmes de recherche, mais aussi d'une série de départs en retraites passés ou à venir, un certain niveau de renouvellement thématique fait partie du projet scientifique porté par la nouvelle direction. De même, la structuration passée du laboratoire, avec un grand nombre de petites équipes, portait le risque d'un émiettement structurel et thématique. En parallèle avec les évolutions exogènes (Programme Université Paris-Saclay, changement de statut d'unité), une réorganisation interne a donc été initiée par la nouvelle direction, qui n'a pas encore été menée jusqu'à son terme.

Dans ce contexte de mutations multiples, le comité d'experts a noté que certaines instances internes du Laboratoire Aimé Cotton semblent ne pas fonctionner de manière adéquate. Le comité d'experts a perçu des signes de blocages par rapport aux directions successives, a entendu des critiques appuyées contre certains établissements, et contre le nouveau projet de laboratoire ; d'autres critiques, sur l'organisation des services, ou sur la politique de ressources humaines, sont quant à elles normales dans une vie de laboratoire, mais risquent de passer au second plan derrière des oppositions de principe. Ce devrait être le rôle du Conseil de Laboratoire que d'alerter la direction sur les vrais problèmes ressentis par l'ensemble des catégories de personnels, et inversement d'assurer l'information de celles-ci sur l'évolution des grands dossiers en cours. Or le Conseil de Laboratoire du LAC opère suivant des modalités inhabituelles, qui ne permettent pas de répondre aux besoins actuels.

### Recommandations

Le projet de l'actuelle direction doit permettre au LAC de traverser avec succès cette phase de transition. Le comité d'experts approuve ce projet, et le considère comme tout à fait à même de capitaliser sur les modifications en profondeur du plateau de Saclay, par exemple par l'implication de l'ENS Cachan. Mais ceci ne sera possible que si tout le personnel aborde ces mutations dans un esprit constructif. Une prise de conscience collective est ici nécessaire : les chercheurs du Laboratoire Aimé Cotton doivent absolument retrouver la voie d'un fonctionnement serein, et unir leurs efforts dans le sens de ce projet de laboratoire, faute de quoi, malgré des conditions matérielles et un environnement scientifique exceptionnellement favorables, non seulement le statut scientifique au meilleur niveau de la science française, mais l'avenir même du laboratoire pourraient devenir incertains.



### 3 • Appréciations détaillées

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

Le Laboratoire Aimé Cotton couvre un nombre important de thématiques dans le domaine de la physique optique, atomique, moléculaire, et des agrégats, avec des applications technologiques et dans les sciences du vivant. Sur de nombreux sujets, la production scientifique est remarquable, aussi bien en qualité qu'en quantité. Les travaux sur les molécules froides, mais aussi sur les mémoires quantiques, le contrôle et l'application des lasers, les dispositifs optiques à usage médical sont autant de domaines d'excellence du laboratoire.

Néanmoins ces remarquables résultats scientifiques ne doivent pas cacher une grande hétérogénéité, à la fois thématique et de résultats. Certains domaines de recherches sur lesquels le LAC a tenu pendant longtemps une position mondialement en pointe voient leurs effectifs et leur productivité diminuer graduellement. Dans certains cas ces ralentissements sont le résultat de prises de risque non couronnées de succès, et font donc partie d'une vie scientifique saine. Dans d'autres cas, il s'agit réellement de thématiques sur lesquelles les départs en retraite successifs, ou l'évolution des domaines de recherche, rendent nécessaires des réorganisations.

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

Le rayonnement et l'attractivité académiques du Laboratoire Aimé Cotton restent globalement à un excellent niveau ; en témoignent plusieurs succès aux concours CNRS dans la période de référence, mais aussi des mutations de personnels universitaires, de nombreuses conférences invitées dans des congrès internationaux, un taux très flatteur d'acceptation de projets de recherche à l'ANR. Les collaborations nationales et internationales sont nombreuses, et de qualité.

Là encore, la situation globale très satisfaisante du LAC ne doit pas cacher une disparité notable dans le rayonnement et l'attractivité de chacune des nombreuses petites équipes précédemment constituées.

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

L'interaction avec l'environnement économique est un point fort du LAC. Plusieurs équipes (PAMS, TWIST, GLOP, NANO3, BIOMED, MFC) travaillent en collaboration avec des acteurs industriels, en particulier le groupe THALES et l'équipe NANODIAM (projets communs avec Orsay Physics et avec Thales).

Les interactions avec l'environnement social et culturel sont également notables, sans être au niveau remarquable de la production scientifique ou des interactions avec le tissu économique. De telles interactions ne représentent pas la mission principale d'un laboratoire de recherche scientifique comme le LAC. Signalons cependant le cas spécifique de l'équipe BIOMED, dont les activités concernent directement des enjeux sociétaux, créent de l'activité économique, et se prêtent remarquablement à la popularisation de la science.

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

Une nouvelle équipe de direction a été nommée en 2012, dans des conditions peu simples, et à la suite d'une prospection menée par un comité ad hoc. La nomination du nouveau directeur, professeur à l'ENS Cachan, a permis une opération globale avec le déplacement de deux équipes en provenance du LPQM (Laboratoire de Photonique Quantique et moléculaire), l'association par convention de l'ENS Cachan au LAC, et bientôt le passage de cet établissement au statut de tutelle du laboratoire dans son futur statut d'UMR. Le bilan des deux équipes a fait l'objet d'une autre évaluation dans le cadre du LPQM, et ne sera pas abordé dans le présent rapport. L'insertion réelle de ces nouvelles équipes tarde à se réaliser, en raison de multiples problèmes financiers et techniques liés aux infrastructures immobilières, ce qui pose un réel souci scientifique et humain.



La nouvelle direction a pris l'initiative d'une nouvelle organisation scientifique, tout d'abord par l'identification d'équipes élémentaires, nombreuses et généralement de taille réduite ; puis par l'association entre ces équipes élémentaires, pour former des pôles de recherche, appelés à devenir les éléments de base de la structuration scientifique du laboratoire. Même si le regroupement des activités scientifiques en pôles ne semble pas avoir toujours été motivé par les proximités thématiques, cette démarche, graduelle et constructive, est apparue très pertinente au comité ; il n'est en effet pas viable à long terme de continuer sur un ensemble de 14 équipes de petite taille, beaucoup restant sous-critiques avec deux ou trois permanents seulement.

À cette nouvelle structuration correspond une réorganisation de la direction du laboratoire, chacun des responsables de pôle étant amené à dialoguer avec la direction au sein d'un conseil rapproché. Il est important que les trois responsables de pôles participent pleinement à cette démarche, et jouent un rôle constructif pour permettre à la direction d'effectuer les arbitrages indispensables dans une vie de laboratoire ; et inversement, puissent en toute transparence expliquer aux membres des pôles les tenants et aboutissants des décisions prises par la direction.

Il pourrait être judicieux d'ouvrir ce conseil de direction à un représentant IT, par exemple issu du Service Instrumentation nouvellement créé, qui joue lui-même le rôle de pôle regroupant plusieurs services techniques.

Les relations entre la direction et le conseil de Laboratoire sont apparues comme peu satisfaisantes. Il semble qu'un certain nombre de traditions existent au LAC quant aux modalités de désignation et de fonctionnement du Conseil de Laboratoire, qui se révèlent aujourd'hui être des handicaps pour un dialogue fructueux. En dehors du caractère non réglementaire de certaines pratiques, le comité d'experts a constaté, avec surprise, que les intérêts spécifiques des doctorants et post-doctorants ne sont portés en tant que tels par aucun représentant ; que le rôle même du Conseil de Laboratoire, instance réglementairement purement consultative mais qui n'en reste pas moins importante, n'était pas clair ; que plusieurs sujets clés devant être débattus au sein du Conseil de Laboratoire l'étaient en fait au sein de sous-commissions, dont la constitution et le rôle exact sont apparus d'autant plus flous que la réunion entre comité et Conseil de Laboratoire n'avait fait l'objet d'aucune préparation sérieuse. Le comité d'experts suggère vivement au Laboratoire Aimé Cotton de revenir dès que possible aux modalités normales d'un Conseil d'unité, que ce soit au niveau des élections, du respect des grands équilibres dans la constitution du Conseil, qu'au niveau thématique, du respect des équilibres entre catégories de personnels, y compris sous statuts d'établissements différents ; de créer un sous-collège doctorants et post-doctorants permettant à cette catégorie essentielle de personnels de faire entendre ses intérêts propres et d'être pleinement informée ; de débattre de tous les sujets importants en séance plénière ; et enfin d'organiser par collèges ou sous-collèges les modalités de contributions à l'ordre du jour et de rendu des séances auprès des personnels.

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

Le LAC joue un rôle important dans la formation par la recherche, aussi bien par la formation de nombreux jeunes docteurs, que par l'implication administrative et organisationnelle de membres du laboratoire au sein de l'école Doctorale. Les responsabilités assumées au sein de l'École Doctorale Ondes et Matière (ED 288) successivement par plusieurs chercheurs ou enseignants-chercheurs du LAC doivent ainsi être saluées.

La poursuite et les soutenances de thèses de doctorat au sein du LAC sont très satisfaisantes, avec un nombre élevé de thèses soutenues dans la période de référence, et actuellement en cours. Le taux d'insertion professionnelle dans les milieux de la recherche académique, comptabilisé globalement par l'école doctorale, apparaît comme extrêmement élevé.

Des séminaires internes plus réguliers donnés par les doctorants pourraient être considérés afin de leur permettre de mieux se former aux présentations scientifiques en conférences, grâce aux conseils des chercheurs plus seniors, et dans une ambiance décontractée. Dans la phase actuelle, où de nouvelles équipes doivent s'intégrer au LAC, il serait également souhaitable que les doctorants eux-mêmes organisent des activités communes (journal club, rencontres sociales...) afin de contribuer à la création d'une vie collective au-delà de leur établissement d'origine.



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

La direction met un œuvre un projet de laboratoire ambitieux, visant à redonner une dynamique scientifique globale au Laboratoire Aimé Cotton. Ce projet a été approuvé aussi bien par les établissements de recherche et d'enseignement supérieur appelés à devenir tutelles, que par le Conseil de Laboratoire avant la nomination du Directeur. Il vise à encourager les renouvellements thématiques jugés nécessaires ; à stimuler les échanges scientifiques et les synergies entre sujets proches par la constitution de pôles de recherche de taille notable ; à faciliter l'organisation d'une structure et d'une culture scientifique propre au sein de ces pôles, permettant d'éventuelles reconversions thématiques individuelles ; à encourager les échanges entre expérimentateurs et théoriciens, au sein de chaque pôle ; et à inciter les échanges de savoir-faire entre pôles par des actions coordonnées à l'échelle du laboratoire. L'arrivée d'équipes en provenance de l'ENS Cachan apporte au LAC des expertises nouvelles sur des thématiques complémentaires, à la croisée entre optique quantique, nanosciences, sciences de la vie et physique des matériaux. L'intégration scientifique et humaine des nouveaux chercheurs et enseignants-chercheurs, y compris des doctorants, est un enjeu majeur pour la réussite de ce projet.

La mise en œuvre de ce projet bénéficie de conditions en apparence très favorables, grâce aux grands projets d'Université Paris Saclay, et de Centre de Physique Matière et Rayonnement ; aux soutiens affirmés des tutelles ; et aux possibilités de mutualisation d'équipements et de compétences permises par la haute densité de laboratoires de recherche sur le plateau de Saclay. Les deux premiers points ouvrent la voie à des solutions immobilières indispensables au projet. Cependant les retards, techniques et financiers, et les inévitables futures malfaçons, constituent des facteurs de risque que les établissements ne doivent pas négliger.

Les ressources humaines et financières accordées par les établissements au LAC apparaissent tout à fait suffisantes pour mener à bien le projet, même dans un contexte de réduction graduelle, à condition qu'un effort minimal de mutualisation, interne ou externe, et d'optimisation soit effectué. Des opérations spécifiques peuvent néanmoins faciliter grandement la mise en œuvre des réorganisations.

Le comité d'experts a évalué très positivement le projet de laboratoire présenté par la direction du LAC, et en particulier la structuration en pôles ; les exposés et visites sur les bilans scientifiques ayant été effectués sur la base des 14 équipes, le présent rapport reprend cette structuration transitoire pour les évaluations de bilan, mais se base sur les pôles pour les évaluations de projets. Les pôles actuels, en particulier AL&A et PMI, verront probablement leur périmètre exact évoluer ; l'optimisation du contour des Pôles et de leur structuration interne est un processus pouvant prendre encore du temps. Au terme du futur quinquennal, il serait souhaitable que le LAC ait mis en place une structure claire en 3 ou 4 pôles, avec des thématiques ou opérations de recherche internes aux pôles permettant une grande souplesse en termes d'implications des personnels, et une richesse accrue d'échanges scientifiques. Le comité d'experts encourage vivement le LAC à s'impliquer collectivement et constructivement dans la poursuite de la réflexion sur le périmètre et le fonctionnement de ces pôles.



## 4 • Analyse équipe par équipe

*Note : dans la suite du document, les équipes sont numérotées d'après leur pôle d'appartenance (1. AL&A, 2. MAFICC, 3. PMI), suivi d'un numéro d'ordre dans le pôle suivant l'annexe 4 du rapport de l'unité.*

**Équipe 1.1 :** Ions Négatifs (IN)

**Nom du responsable :** M. Christophe BLONDEL

**Effectifs**

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés		
<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>	3	

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	1	
Thèses soutenues		
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

L'équipe Ions Négatifs (IN) développe une activité de recherche originale dans le domaine du photodétachement d'ions atomiques (et dans de rares cas de radicaux moléculaires) dans deux directions principales : une activité très fondamentale de « microscopie de photodétachement » d'une part et, une activité de « photodétachement presque total » d'un jet d'H- à but finalisé en collaboration avec le CEA-Cadarache d'autre part. La microscopie de photodétachement consiste à observer avec une très haute résolution spatiale les figures d'interférences obtenues dans une expérience de photodétachement au seuil en présence d'un champ électrique. Elle produit des résultats extrêmement originaux (c'est à ce jour la seule expérience de ce type au monde) à la fois pour des études liées aux propriétés fondamentales des ondes de matière et aux effets des perturbations par des champs externes, et dans le domaine de la métrologie des affinités électroniques. Dans ce dernier domaine, l'équipe IONNEG est devenue depuis une décennie la détentrice de nombreuses références mondiales. Citons en particulier, au cours de la période évaluée, l'amélioration et la publication des mesures des affinités électroniques de l'iode, du soufre, de l'étain, du sélénium et du phosphore, ainsi que l'éclaircissement de certains effets dus au champ magnétique. Dans un domaine de recherche plus applicative, l'équipe met au service de la collaboration avec le CEA-Cadarache son savoir-faire en matière de photodétachement afin de développer une expérience destinée à produire un faisceau intense d'hydrogène ou de deutérium neutre rapide par photodétachement presque total d'un faisceau d'ions négatifs pour chauffer un plasma (type ITER) par injection. L'équipe développe ainsi une méthode de photodétachement intracavité pour obtenir un taux de détachement élevé. Ce projet plus appliqué reste néanmoins proche des préoccupations fondamentales de l'équipe puisque l'utilisation de résonances de Landau dans le continuum en présence de champ magnétique a été proposée pour augmenter la section efficace de photodétachement. L'étude de ces résonances, très mal connues d'un point de vue expérimental, est donc entreprise.

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'ensemble des recherches conduites par l'équipe est extrêmement original et il n'existe à ce jour aucun dispositif équivalent ni aucune autre expérience produisant des mesures aussi précises des affinités électroniques. Cette activité se traduit par des publications dans des revues de physique de bon niveau mais en nombre très limité. L'équipe a contribué à la publication de 14 articles dans des revues à comité de lecture sur la période évaluée (2008-2013), dont seulement 7 sur ses propres sujets, ainsi que 3 actes de colloques publiés dans des comptes-rendus. Ainsi, malgré l'excellente qualité perçue des travaux réalisés dans l'équipe IN, leur impact scientifique comme leur diffusion internationale pâtissent de ce niveau de production modeste et qui ne paraît pas proportionné à la valeur et à la quantité de résultats obtenus. Par ailleurs, si la notoriété des supports éditoriaux adoptés pour la publication des résultats est bonne (Physical Review A, Journal of Physics-B, etc.), on ne note sur la période aucune publication dans des revues plus sélectives et plus visibles.

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

L'équipe a été responsable de la coordination du contrat ANR MIPHOP2C au cours de la période évaluée, et elle coordonne un nouveau contrat ANR, SiPhoRE en lien avec le CEA. Un chercheur postdoctoral a été accueilli de 2008 à 2010 dans le cadre du contrat ANR MIPHOP2C.

Les membres de l'équipe ont donné trois conférences invitées au cours de la période 2008-2013, dont une invitation à la Gordon Conference « Photoions, photoionization & photodetachment » en 2012, qui soulignent la reconnaissance de l'équipe IN par la communauté internationale. Les résultats expérimentaux de l'équipe sont bien reconnus tant par les expérimentateurs du domaine, que par les théoriciens, aussi bien par les spécialistes de physique semi-classique qui s'intéressent aux aspects les plus fondamentaux de la microscopie de photodétachement, et les théoriciens de la structure atomique pour lesquels les mesures de qualité métrologique représentent un défi majeur. Enfin, la notoriété des activités de l'équipe dans le domaine du photodétachement a incité la collaboration GBAR, (projet du CERN, qui s'intéresse aux effets de gravitation sur l'antimatière au moyen du photodétachement d'ions anti-H- piégés) à inviter un membre de l'équipe à participer à ses travaux et à contribuer à son colloque de juin 2012.



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

L'équipe entretient des liens forts avec le CEA-Cadarache qui se traduisent par un soutien récurrent du CEA (contrat avec le CEA, sous l'égide de « l'European Fusion Development Agreement » dans le cadre de la Fédération de Recherche pour la Fusion par Confinement Magnétique depuis 2009) et l'obtention d'une ANR sur les projets communs autour du photodétachement total d'un jet d'ions H- ou D-. Le développement de cette activité à vocation finalisée ayant pour objectif d'améliorer l'injection et le chauffage du plasma de fusion magnétique présente des enjeux de fond dans le domaine des recherches sur la production d'énergie par fusion nucléaire. Par ailleurs, l'équipe participe ponctuellement à des actions de vulgarisation par exemple sa contribution au premier numéro des Cahiers de l'Observatoire du Bonheur.

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

L'équipe est constituée de deux chercheurs CNRS, tous deux habilités à diriger des recherches, elle accueille en général un doctorant. L'un de ses anciens membres a été professeur émérite une bonne partie du contrat écoulé. Il s'agit donc d'une toute petite équipe dans laquelle ce critère offre relativement peu d'intérêt. Il faut toutefois noter que compte tenu de sa taille limitée, l'équipe a fait le bon choix de garder une logique scientifique bien ciblée et parfaitement cohérente qui lui évite la dispersion. Ainsi, sa petite taille ne représente pas un risque majeur à court terme.

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

L'équipe réussit en général à avoir toujours un doctorant parmi ses membres. L'absence de soutenance au cours la période évaluée s'explique par l'interruption d'une thèse avant sa fin pour raison de santé, et une soutenance fin 2013. Le taux d'encadrement est donc limité (0,5 doctorant par chercheur) mais stable. Par ailleurs le responsable de l'équipe a été fortement impliqué dans la formation par la recherche puisqu'il a assuré de 2009 à 2013 la fonction de directeur-adjoint de l'École Doctorale Ondes & Matière (ED288), ce qui représente sur la période l'accueil et le suivi de 120 doctorants.

### Conclusion

#### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

- activité unique au monde dans le domaine de la microscopie de photodétachement ;
- métrologie des affinités électroniques la plus performante à ce jour ;
- expertise au meilleur niveau international dans le domaine de la spectroscopie des anions atomiques.

#### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

- faible taille de l'équipe constituée de deux permanents CNRS, et sans aucun enseignant-chercheur ;
- production scientifique limitée.

#### ▪ *Recommandations :*

- mieux valoriser les résultats scientifiques originaux obtenus par une politique de publication plus dynamique ;
- augmenter l'attractivité en direction des doctorants, peut être par une participation renforcée aux enseignements, compte tenu de l'absence d'enseignant-chercheur dans l'équipe.

**Équipe 1.2 :**

PROCESSEURS ATOMIQUES ET MOLECULAIRES DANS LES SOLIDES (PAMS)

Nom des responsables : M. Jean-Louis LE GOUET, M. Thierry CHANELIERE et M<sup>me</sup> Anne CHAUVET

## Effectifs

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés		
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	4	
<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>	5	

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	3	
Thèses soutenues	6	
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	3	



## • Appréciations détaillées

L'équipe PAMS s'attache à étudier les interactions entre lumière et impuretés dans des solides, transposant ainsi à l'état solide des problématiques et des méthodes expérimentales d'optique quantique, développées antérieurement sur des vapeurs atomiques. Un nombre important de sujets peut être abordé par cette approche. Dans la période de référence, l'équipe s'est principalement consacrée aux études sur le traitement de signaux hyperfréquences sur porteuse optique, avec un programme pluriannuel de transfert de technologie auprès du groupe Thales, et au stockage quantique dans des ensembles macroscopiques d'atomes, en testant et validant plusieurs nouveaux protocoles. Enfin, la problématique des matériaux, avec, comme pour les lasers solides, un couple dopant/matrice, est étudiée via des collaborations avec des chimistes. L'ensemble forme un tout homogène, qui assure une très bonne cohérence et une bonne visibilité scientifique à l'équipe.

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

La production scientifique a été et reste remarquable, avec un pic de production en 2009 et 2010, suivi d'une certaine baisse, mais en restant à un bon niveau. Beaucoup de ces publications présentent des résultats novateurs et passionnants, comme l'Optics Letters de 2013 sur le renversement temporel de signaux radiofréquence sur porteuse optique. L'équipe privilégie les grandes revues généralistes comme Physical Review A ou B, ou New Journal of Physics ; et publie des lettres uniquement dans d'excellentes revues spécialisées comme Optics Letters ou Optics Express. La qualité scientifique est indubitable ; l'absence de publications dans les revues sélectives et à grande visibilité et diffusion, comme Physical Review Letters ou les différentes versions de Nature, semble ici être le résultat d'un choix a priori. Un brevet a également été obtenu.

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

L'attractivité de l'équipe PAMS est très bonne, comme le démontre par exemple le nombre important de contrats de recherches acceptés, ou bien les prix scientifiques décernés à des membres, ou anciens membres de l'équipe, comme le prix ICO/ICTP Gallieno Denardo reçu par une post-doctorante du groupe. L'équipe est également très bien insérée dans l'espace européen de la recherche, par sa participation à un réseau européen ITN, et à un projet européen collaboratif. Plusieurs conférences invitées ou contribuées sont mentionnées ; on note néanmoins qu'il s'agit souvent de conférences données par des non-permanents, ou bien portant sur des sujets distincts de l'activité de l'équipe.

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

L'équipe PAMS a engagé depuis plusieurs années un partenariat avec le groupe Thales Research & Technology, avec un soutien de la DGA. Ce partenariat à long terme, débouchant sur l'intérêt manifeste et la maîtrise progressive de la technologie par un grand groupe français, doit être salué.

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

L'équipe comprend 4 chercheurs CNRS à la date de la visite du comité d'experts. Deux d'entre eux sont ou seront appelés prochainement à faire valoir leurs droits à la retraite. Les deux chercheurs restants, dynamiques et motivés, peuvent continuer la ligne scientifique de l'équipe ; les programmes de recherche et la capacité d'encadrement de doctorants ne peuvent cependant que prendre en compte cette décroissance.

Concernant la vie de l'équipe, il faut noter que PAMS a subi un évènement traumatisant en 2009 avec la disparition tragique et prématurée de M. Ivan LORGÈRE ; puis un litige en 2011 avec la non-nomination d'une candidate de l'équipe, classée en liste principale sur le concours Chargé de Recherche CNRS, dont la mention revient régulièrement au LAC. Si ce dernier évènement ne semble pas avoir affecté la dynamique de recherche de l'équipe, la fixation constatée par le comité d'experts contribue à dégrader l'ambiance générale, et pourrait conduire à un réflexe de repli sur soi-même.



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

Avec 5 thèses soutenues dans la période de référence, et 2 en cours, l'équipe contribue très largement à la formation par la recherche.

### Conclusion

Le comité d'experts a tout d'abord souhaité rendre hommage à M. LORGÈRE, jeune chercheur brillant prématurément disparu.

#### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

Très bonne production sur une thématique originale, abordée depuis déjà plusieurs années, mais gardant un fort potentiel de développements.

Partenariat suivi et fructueux avec une grande société de haute technologie.

#### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

Deux départs en retraite sont en cours ou prévus à brève échéance ; ceci se traduira nécessairement par une diminution du potentiel de recherche.

Faible niveau de collaborations avec les autres équipes du LAC.

#### ▪ *Recommandations :*

L'équipe PAMS doit aujourd'hui tourner la page de la non-nomination de sa candidate à la suite du concours Chargé de Recherche CNRS en 2011.

Au regard de l'excellente qualité des travaux effectués, la communication en conférences ou vers le grand public pourrait encore être renforcée.



**Équipe 1.3 :** Atomes et molécules: états super-excités et plasmas (SUPEREX)

**Nom du responsable :** M. Djamel BENREDJEM

Effectifs

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	1	
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	1	
<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.)	3	
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	5	

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



## • Appréciations détaillées

L'activité de l'équipe SUPEREX est de nature essentiellement théorique. Elle regroupe trois opérations de recherche complémentaires qui ont toutes en commun la mise en jeu d'ions atomiques ou moléculaires présentant soit un intérêt astrophysique, soit un intérêt pour la physique des plasmas chauds :

L'opération « Etats superexcités » concerne la modélisation spectroscopique et dynamique des états de Rydberg moléculaires dans le continuum d'ionisation. L'activité est portée par un chercheur émérite et un collaborateur extérieur régulier. Un chercheur post-doctorant a contribué pendant deux années à ce sujet au cours du contrat. Les travaux concernent la spectroscopie de précision de  $H_2$  et de ses divers isotopes. Des codes originaux de Multichannel Quantum Defect Theory (MQDT) et de R-matrice ont été développés. La recombinaison dissociative a également été étudiée en particulier pour l'ion  $H_3^+$  pour lequel les résultats obtenus ont eu un fort impact. Ces travaux sont le plus souvent menés en collaboration avec les meilleures équipes expérimentales du domaine, notamment en Suisse, aux Pays-Bas ou aux Etats-Unis.

L'opération « Dynamique corrélée des atomes et molécules » porte sur la simulation numérique de la dynamique des électrons corrélés dans des processus photo-induits par un rayonnement XUV. Un des grands succès de cette activité a été la résolution du problème de l'ionisation double de l'atome d'hélium par un photon XUV au moyen d'une méthode R-matrice en coordonnées hypersphériques. Pour suivre le développement des sources de lumière vers les durées plus courtes et les intensités plus élevées, la résolution directe de l'équation de Schrödinger dépendant du temps est maintenant préférée aux méthodes stationnaires. Cette activité portée par un membre permanent du LAC est développée en collaboration étroite avec le CELIA à Bordeaux et l'ICMN à Louvain-la-Neuve.

Enfin, l'opération « Modélisation des propriétés radiatives dans un plasma chaud » concerne les plasmas laser d'intérêt pour l'étude de la fusion contrôlée pour l'énergie. Il s'agit principalement de calculs des propriétés d'opacités et de pertes radiatives de ces plasmas, conduites en collaboration avec le CEA/DAM, le CEA-Cadarache et le laboratoire PIIM de Marseille, dans le prolongement d'une activité « historique » du laboratoire Aimé Cotton autour de la physique atomique dans les milieux ionisés. Le permanent de l'équipe qui porte cette opération contribue sur le plan théorique à l'étude des propriétés atomiques et radiatives des éléments présents dans les tokamaks de type ITER et participe aux campagnes d'expériences sur les tokamaks Tore Supra à Cadarache et ASDEX à Garching.

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'équipe SUPEREX est extrêmement productive puisqu'elle a publié 59 articles RICL sur la période écoulée, ainsi que 13 actes de colloques internationaux. Cette production remarquable se fait dans les meilleurs journaux du domaine et se trouve souvent distinguée par les éditeurs avec par exemple pour l'activité « Etats superexcités » trois articles inclus dans l'« Editor's choice for ground-breaking research » par le Journal of Chemical Physics ainsi qu'un « Highlight of 2012 » de la revue Journal of Physics B pour des travaux de l'activité « Dynamique corrélée ». On note également deux publications dans la revue Physical Review Letters.

Dans les deux premières opérations, il convient également de souligner que ces travaux de nature théorique ont chaque fois fait l'objet de développements originaux (méthodologie comme codes de calcul) représentant des ruptures théoriques significatives.

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

L'équipe est bien impliquée dans des programmes européens avec un contrat postdoctoral Marie Curie (projet COCOSPEC), la participation dans le réseau européen COST CM0702 et la participation à un programme de l'IAEA. L'équipe a coordonné un projet ANR sur la période 2009-2013 (SUMOSTAI) et a bénéficié du soutien du RTRA Triangle de la Physique pour un financement de post-doctorant.

Les travaux de l'équipe SUPEREX ont conduit à la présentation de 18 conférences invitées au cours de la période évaluée, ce qui est tout à fait remarquable compte tenu de la taille de l'équipe. Un des membres de l'équipe est la référence mondiale dans le domaine de la théorie des états de Rydberg moléculaires. Ce rayonnement international au plus haut niveau se traduit par des collaborations avec des groupes expérimentaux nombreux (toutes les activités de l'équipe sont réalisées en collaboration avec des groupes d'expérimentateurs ou de théoriciens de très haut niveau, en France, en Europe et aux Etats-Unis) ainsi que par des invitations régulières dans des conférences internationales.



Enfin, un membre de l'équipe est « Honorary research associate » au département de physique et d'astronomie de University College London (depuis 2008) ; un autre a organisé un mini-colloque lors de la conférence PAMO2010 de la Société Française de Physique, co-organisateur d'un mini-colloque lors de PAMO2012 et est un acteur important de la Fédération de recherche pour la fusion par confinement magnétique.

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

L'équipe ne mentionne pas d'activité particulière dans ce domaine. Cependant, les activités dans le domaine de la « Modélisation des propriétés radiatives dans un plasma chaud », même si elles ne semblent pas être contractualisées formellement avec le CEA, présentent un impact indirect pour l'étude des plasmas de fusion dont l'importance pour la production d'énergie du futur n'est pas négligeable.

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

Les différentes opérations conduites au sein de l'équipe font apparaître une réelle proximité thématique autour de problèmes qui partagent à la fois des objets d'études parfois proches, et des méthodes théoriques souvent complémentaires. Cela étant, le document écrit comme la visite n'ont pas mis en évidence d'interactions fortes entre les membres de l'équipe et chaque activité semble se développer en totale indépendance sans véritable concertation ni organisation explicite de réunions ou de séminaires d'équipe. Parmi les trois chercheurs permanents en activité au sein de l'équipe, l'un est en position d'éméritat, un autre a annoncé son départ imminent en retraite. La pérennité de deux des trois opérations de l'équipe n'est donc clairement pas assurée et l'organisation passée et présente de l'équipe n'a certainement pas été suffisamment structurée pour assurer cette pérennité, ce qui est regrettable au vu du rayonnement international indiscutable des opérations concernées. Par ailleurs, cette évolution pourrait conduire à un isolement total du chercheur restant dans l'équipe qui devrait probablement se rapprocher des expérimentateurs du pôle AL&A, ou bien des autres groupes de théoriciens du laboratoire.

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

Deux thèses ont été soutenues au sein de l'équipe durant le contrat, une est en cours. Au vu de la situation mentionnée ci-dessus seule l'activité « plasmas chauds » est susceptible d'accueillir des doctorants dans la période actuelle. Par ailleurs, un des membres de l'équipe est depuis 2013 directeur-adjoint et conseiller aux thèses de l'École Doctorale Ondes & Matière.

### Conclusion

#### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

- production élevée et fort rayonnement international des activités de recherche ;
- développements théoriques originaux et à la frontière des savoirs actuels.

#### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

- faiblesse des interactions avec l'environnement social, économique et culturel ;
- l'avenir de deux des trois opérations de recherche de l'équipe n'est pas assuré et une réelle perte de savoir-faire semble inévitable si aucune mesure n'est prise rapidement.

#### ▪ *Recommandations :*

- assurer le maintien des savoir-faire théoriques, en particulier via les collaborations très actives de l'équipe ;
- à terme, rapprocher l'activité « plasmas chauds » d'une autre équipe du laboratoire.



**Équipe pôle 1 :** Atomes, Lumière et Applications (AL&A)

**Nom du responsable :** M. Christophe BLONDEL

**Effectifs**

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés		1
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés		5
<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.)		4
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>		10

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

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

Le Pôle Atomes lumière & applications a vocation à rassembler les équipes IN, PAMS, et SUPEREX au sein d'une équipe plus large, autour de la thématique de la spectroscopie et de la dynamique électronique au sens large. Chacune des équipes présentes peut tout à fait garder ses moyens et objectifs de recherche propres ; mais les réductions d'effectifs à brève échéance des équipes actuelles rendent effectivement souhaitable un processus de regroupement.

Chacune des équipes du pôle présente des perspectives scientifiques tout à fait intéressantes.



Les perspectives de l'équipe IN comprennent tout d'abord une dimension applicative, en liaison avec les projets GBAR au CERN, et ITER à Cadarache via le projet ANR Siphore ; ainsi qu'une dimension plus fondamentale sur la microscopie de photo-détachement en ondes p, qui devrait permettre d'obtenir une meilleure détermination des affinités électroniques de plusieurs éléments. Le projet mêle donc des objectifs applicatifs, visant à mettre à disposition le savoir-faire acquis au bénéfice de grands projets de physique ; et des objectifs fondamentaux.

L'équipe PAMS met en avant la continuation des travaux suivant leurs deux axes principaux, le traitement analogique des signaux sur porteuse optique, et le traitement quantique de l'information ; ainsi la possibilité d'exploiter le protocole ROSE à des longueurs d'onde typiques des télécommunications ouvre des perspectives intéressantes pour une future exploitation des méthodes de cryptographie quantique sur des communications à longues distances.

L'équipe SUPEREX base l'essentiel de ses perspectives sur la physique atomique des plasmas chauds, appliqués soit à la fusion inertielle avec l'exploration de phénomènes hors Equilibre Thermodynamique Local, ou bien des effets de champs magnétiques créés dans certaines conditions d'instabilités hydrodynamiques ; soit à la fusion magnétique, via une étude exhaustive des sections efficaces de tous les processus ioniques impliquant les différents états du tungstène. Un perfectionnement des travaux sur l'hydrogène moléculaire, dans l'optique de grandes installations expérimentales actuellement prévues, est également proposé. Tous ces sujets sont intéressants, mais il est nécessaire de les mettre en perspective par rapport au nombre réduit d'enseignants-chercheurs qui resteront en activité dans l'équipe à court terme.

## Conclusion

Le pôle AL&A poursuit la grande tradition du LAC en spectroscopie de haute résolution, appliquée à différentes problématiques. Chacune des trois équipes est au meilleur niveau international dans sa spécialité ; néanmoins les travaux menés par ces équipes apparaissent aujourd'hui complètement disjoints : la période de référence ne montre aucun article RICL commun à deux de ces trois équipes.

Le comité d'experts exprime donc un certain scepticisme sur la possibilité de créer un lien jusqu'à présent absent, à partir du seul mot-clé « Spectroscopie de haute résolution », et n'a pas entendu s'exprimer une volonté manifeste de s'inscrire dans une dynamique collective pour ce nouveau pôle. Ainsi des séminaires propres et des réunions scientifiques de pôle ne sont pas envisagés, ce qui peut en partie s'expliquer par la taille réduite du pôle. Dans ce contexte, le risque est élevé que le pôle ne soit qu'un regroupement formel de trois équipes restant indépendantes, chacune présentant un nombre de chercheurs permanents et en activité ne dépassant pas 2. À court terme, la qualité des différentes lignes de recherche est tout à fait suffisante pour qu'aucune baisse immédiate de production scientifique ne soit à craindre ; par contre, à moyen et long terme, chacune des équipes s'expose aux risques propres des toutes petites structures, en cas de nouveaux départs en retraite ou d'aléas dus aux carrières des personnels. La configuration du pôle devrait donc faire l'objet d'un approfondissement des réflexions récentes, une piste étant de permettre aux théoriciens de SUPEREX en activité de se rapprocher des autres théoriciens du LAC. Une démarche volontariste des expérimentateurs de IN et PAMS pour commencer à collaborer sur des projets ponctuels pourrait également permettre d'enclencher une dynamique collective. Une troisième possibilité à considérer serait de recruter une nouvelle équipe travaillant dans un domaine de recherche proche du centre de gravité des activités scientifiques du pôle AL&A. Parmi les sujets possibles et susceptibles de profiter d'un développement rapide ces prochaines années, la métrologie dans les systèmes moléculaires ou l'étude des processus moléculaires dans les petits systèmes d'importance en astrophysique, permettraient de recréer un réseau d'interactions scientifiques avec les trois équipes actuelles du pôle et de revitaliser un domaine de recherche clé pour le laboratoire.



**Équipe 2.1 :** Equipe Théorie de l'Information, Cohérence et Complexité (ÉTICC)

**Nom du responsable :** M. Etienne BRION

Effectifs

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés		
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	3	
<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>	3	

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants		
Thèses soutenues		
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité		
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 é-TICC ne s'est formée qu'en 2012. Les trois chercheurs qui la composent ont contribué à 11 articles dans des revues internationales à comité de revue, principalement sur les sujets liés à l'information quantique, en grande partie pour des travaux pré-datant la création de l'équipe.

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

L'équipe étant composée de jeunes scientifiques en train d'établir leur profil de chercheur indépendant, il est difficile de quantifier son rayonnement académique.

Le comité d'experts a cependant noté l'intérêt des travaux résultant de collaborations avec K. MOLMER (Aarhus), T. ESSLINGER (Zurich), P. GRANGIER, V. M. AKULIN, V. JACQUES et J.-F. ROCH.

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

Il est encore trop tôt pour formuler une évaluation sur ce point.

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

L'équipe é-TICC ne s'est formée qu'en 2012, et comporte trois chargés de recherches au CNRS. Deux d'entre eux proviennent de l'ancienne équipe Théorie des systèmes complexe du LAC alors que le troisième a rejoint le LAC du LPQM (Laboratoire de Photonique Quantique et Moléculaire).

Les trois chercheurs ont un doctorant en commun, ce qui indique leur détermination à travailler ensemble étroitement.

Les chercheurs s'engagent dans des actions coordonnées (AC) :

- l'AC « Physique à petit et grand nombre de corps » avec des collègues de l'équipe THEOMOL et du pôle PMI, ce qui ouvre des perspectives de collaborations avec les équipes des pôles MAFICC et PMI ;

- l'AC « Cohérence quantique » qui a pour but d'étudier l'information quantique sous des aspects multiples (intrication et sa manipulation et protection, théorie de l'information quantique, et mémoires quantiques), ouvre des perspectives de collaboration avec l'équipe MFC et les équipes GLOP et PAMS et implique également l'équipe NANODIAM.

Il est encore trop tôt pour évaluer l'efficacité de ces Actions Coordonnées.

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

L'équipe ne comporte pas d'enseignant-chercheur, et commence à peine son implication dans la formation par la recherche par l'encadrement d'un doctorant co-encadré par les trois membres de l'équipe.

### Conclusion

L'équipe est de formation très récente. Son activité est centrée sur l'information quantique, un sujet très prometteur et bien adapté au LAC. La stratégie suivie par l'équipe pour acquérir un profil et une identité propres est encore un peu vague.

L'intégration dans le pôle MAFICC a le potentiel de donner lieu à des échanges scientifiques de grand intérêt avec des groupes expérimentaux et permettre un ancrage local à cette nouvelle équipe.

- *Points forts et possibilités liées au contexte :*

Nouvelle thématique très bien adaptée à l'environnement scientifique du LAC



- *Points faibles et risques liés au contexte :*

Equipe peu nombreuse, formée récemment et devant faire la jonction entre des compétences théoriques relativement distinctes.

- *Recommandations :*

Renforcer encore les collaborations, aussi bien internes qu'externes.



**Équipe 2.2 :** Matière Froide et Corrélée (MFC)

**Nom du responsable :** M. Pierre PILLET

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	4	
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	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	
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>9</b>	

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	6	
Thèses soutenues	11	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	3	
Nombre d'HDR soutenues	1	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	3	3



## • Appréciations détaillées

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

La production scientifique de l'équipe MFC au cours de la période 2008-2013 a été remarquable, tant du point de vue de la qualité des publications que de celui de leur quantité. Durant cette période, l'équipe a contribué à plus de 40 articles parus dans des revues scientifiques à comité de lecture, bien répartis sur les différents thèmes de recherche. Environ un cinquième des articles a été le résultat de collaborations avec d'autres équipes du laboratoire, dont une partie importante avec des membres de l'équipe THEOMOL et un article avec l'équipe TWIST, ce qui illustre l'intégration de l'équipe dans le pôle MAFICC.

Les thèmes de recherche dédiés aux molécules froides et aux atomes de Rydberg froids, qui représentent les activités phares de l'équipe depuis de nombreuses années, ont donné lieu à des résultats très importants, notamment la démonstration de nouvelles méthodes de refroidissement des degrés de liberté internes dans les molécules, l'observation et l'analyse d'interactions à quatre corps dans des gaz de Rydberg gelés, ainsi que la réalisation d'une excitation cohérente de deux atomes individuellement préparés par excitation en régime de blocage dipolaire. L'équipe MFC jouit d'un succès exemplaire dans des domaines de recherche où la compétition internationale est très vive.

Quelques articles de qualité exceptionnelle méritent une mention particulière dans le cadre de cette évaluation : les deux articles Science 321(5886), 232 (2008) et Phys. Rev. Lett. 109, 183001 (2012) qui introduisent une méthode originale et très élégante de refroidissement du mouvement vibrationnel, respectivement rotationnel des molécules par impulsions laser façonnées ; l'article Phys. Rev. Lett. 111, 183203 (2013) qui démontre la dissociation de H<sub>2</sub> en paire d'atomes H(2s) par la détection des deux fragments H(2s) en coïncidence ; l'article Phys. Rev. Lett. 108, 023005 (2012) qui présente l'observation et l'analyse de collisions à quatre corps dans un gaz de Rydberg gelé ; et enfin, l'article Nature Physics 5, 115 (2009) qui décrit l'excitation cohérente d'une paire d'atomes de Rydberg préparés individuellement dans des pièges optiques distincts par excitation en régime de blocage dipolaire. Ces résultats sont le produit d'un effort à long terme et illustrent le travail novateur de l'équipe.

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

Le rayonnement et l'attractivité académique de l'équipe ne sont pas seulement démontrés par le nombre et la qualité de ses publications (voir ci-dessus), mais aussi par :

- 1) le réseau d'excellentes collaborations nationales et internationales qu'elle a établi, notamment avec l'Université de Virginie, l'Université de Pise et l'Institut d'Optique. L'équipe fait aussi partie de la collaboration AEGIS au CERN ainsi que du réseau ITN COHERENCE.
- 2) le nombre impressionnant de conférences invitées données principalement par les chercheurs seniors de l'équipe
- 3) le soutien financier important obtenu, notamment de l'ANR et l'ERC
- 4) le nombre élevé de thèses réalisées (11) ou en cours de réalisation (7) dans l'équipe et son attractivité pour les visiteurs académiques et postdoctorants.

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

L'équipe entretient un réseau de collaborations scientifiques dense au sein du laboratoire et avec d'autres équipes situées dans les laboratoires voisins.

Elle s'implique dans l'organisation du tissu scientifique régional, grâce notamment à l'implication de l'un des membres en tant que coordinateur du LabEx PALM, et en collaborant avec la société Orsay Physique dans le cadre du développement de sources d'ions et d'électrons brillantes et à haute résolution en énergie.

Plusieurs membres de l'équipe ont assumé ou assument des fonctions importantes dans la direction du laboratoire (directeur 2008-2011, sous-directeur 2008-2011, sous-directeur depuis janvier 2012).



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

Étant composée de trois chercheurs permanents au début de la période évaluée, l'équipe a vécu une importante évolution de ses ressources en personnels au cours des cinq dernières années. Le chargé de recherche présent dans l'équipe au début du contrat est en mission scientifique de longue durée à l'Institut Fritz-Haber de la Société Max Planck à Berlin depuis 2011. Un Chargé de Recherche CNRS ainsi qu'un maître de conférences sont venus renforcer l'équipe en cours de contrat, le premier pour y mener une activité de recherche sur les atomes de Rydberg et les gaz de Rydberg gelés en utilisant l'atome d'Ytterbium qui a deux électrons de valence (Bourse chercheur DU labEx PALM), et le second dans le cadre d'un nouveau programme de recherche sur la production de molécules froides par décélérations d'anions (ANR Jeunes Chercheurs). Deux physiciens expérimentés ont également choisi de se joindre à l'équipe : le premier pour mettre à profit les développements importants et à long terme de lasers quasi-continus et accordables réalisés au LAC dans de nouvelles expériences dédiées au refroidissement laser et à la métrologie de l'atome d'hydrogène et de l'atome d'anti-hydrogène, le second pour y mener des expériences de décélération Zeeman et participer au nouveau projet de recherche sur l'hydrogène, tout en maintenant son activité sur la dissociation de H<sub>2</sub> en fragments jumeaux H(2s).

La composition actuelle de l'équipe est ainsi idéale, tant du point de vue des compétences que de la répartition dans les différentes classes d'âge.

La vie au sein de l'équipe semble être très bien organisée. Les mesures présentées au cours de la visite, pour maintenir et renforcer les contacts avec les autres équipes du pôle MAFICC et du LAC (séminaires communs, réunion de pôle mensuelle, plateforme d'échange d'idées et d'équipements) semblent très judicieuses.

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

L'équipe a formé 11 docteurs, et 7 thèses sont en cours. Plusieurs membres de l'équipe ont des tâches d'enseignement. L'un des membres de l'équipe est responsable de la spécialité « Optique, Lasers, Plasmas » de la mention de master « Physique fondamentale » des formations de master 2 recherche, en plus de sa fonction de président de la section 04 du comité national de la recherche scientifique (2008-2012).

## Conclusion

Au cours de la période 2008-2013, l'équipe MFC a produit des résultats d'excellente qualité et du plus haut intérêt scientifique. Des changements de personnel importants ont eu lieu durant cette période, dont l'équipe est ressortie fortifiée. Ces changements, et la réflexion qui les a accompagnés, ont permis à l'équipe d'élaborer un programme de recherche cohérent, ambitieux et de toute première classe qui devrait mener à des résultats scientifiques très importants ces prochaines années. La structure d'âge est optimale et offre la possibilité de se lancer dans des projets de longue haleine.

Il ressort très clairement des documents préparés pour l'évaluation ainsi que des présentations lors de la visite du laboratoire que la stratégie de recherche est le résultat d'une réflexion profonde dont tous les membres de l'équipe méritent d'être félicités. Au sein du pôle MAFICC, l'équipe peut envisager les prochaines années avec sérénité et optimisme.

### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

Programme de recherche extrêmement dynamique et novateur.

Chercheurs de grande renommée internationale.

Équipe comprenant un mélange idéal de jeunes chercheurs et de chercheurs expérimentés.

Développements très prometteurs de dispositifs expérimentaux uniques (Par exemple, laser quasi-continu dans le VUV, faisceaux d'ions et d'électrons monoénergétiques)



- *Points faibles et risques liés au contexte :*

Aucun point faible apparent.

- *Recommandations :*

Continuer sur la voie suivie ces dernières années, qui s'est avérée très fructueuse.

**Équipe 2.3 :**

Théorie des molécules froides : structure, dynamique , réactivité (THEOMOL)

Nom du responsable : M. Olivier DULIEU

## Effectifs

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	1	
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	4	
<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.)	2	
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>7</b>	

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	1	
Thèses soutenues	7	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	6	
Nombre d'HDR soutenues		
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	2	3



## • Appréciations détaillées

L'équipe THEOMOL mène une activité de recherche théorique en physique atomique et moléculaire qui a une longue tradition au LAC. Au-delà du déploiement de ses activités de recherches propres, dont le but est de développer ou d'utiliser une panoplie complète d'outils théoriques dédiés au traitement théorique de la structure et de la dynamique de petites molécules et de leurs interactions, avec un accent particulier ces dernières années sur l'étude des molécules froides, elle apporte le soutien théorique nécessaire pour accompagner et stimuler le travail expérimental des équipes avec lesquelles elle collabore au LAC, en France et dans de nombreux autres pays (notamment la Suisse, l'Autriche, l'Allemagne et les USA).

Plus de 70 publications dans des revues internationales à comité de lecture ont résulté des activités de recherche de l'équipe THEOMOL, ce qui est tout à fait remarquable. De ces publications, environ 10 ont été réalisées dans le cadre de collaborations avec d'autres équipes du LAC, principalement mais pas uniquement dans le pôle MAFICC, et plus de 20 dans le cadre de collaborations internationales. Parmi celles-ci, les collaborations avec les équipes de S. Willitsch (Bâle) sur les réactions à très basse température dans des pièges à ions et métaux alcalins mixtes et celles de H.-C. Nägerl (Innsbruck) et M. Weidemüller (Freiburg/Heidelberg) sur la formation de dimères des métaux alcalins ultra-froids dans leur état fondamental méritent une mention particulière.

Ces collaborations donnent à l'équipe une grande visibilité et lui permettent de rapidement apporter l'analyse théorique de problèmes scientifiques nouveaux résultants d'observations expérimentales originales. En stimulant l'innovation, cet avantage compense largement les risques associés à une relégation de la priorité de ses projets scientifiques propres.

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Le rayonnement et l'attractivité académique de l'équipe se manifestent par son activité très soutenue de publications et par le nombre et la qualité des groupes expérimentaux avec lesquels elle collabore. Ceux-ci incluent non seulement les équipes expérimentales du pôle MAFICC (photo-association, molécules froides), mais aussi, notamment, les équipes de Bâle (réactions entre ions et atomes/molécules à très basse température dans des pièges mixtes), et celles d'Innsbruck, d'Heidelberg, d'Hannover, de Graz, du Connecticut et de l'ENS.

Finalement, l'équipe attire régulièrement des postdoctorants et visiteurs académiques, et son activité est bien représentée au niveau international par les conférences invitées de son responsable.

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

L'équipe entretient des collaborations fructueuses avec les équipes expérimentales du laboratoire, pour lesquelles elle a fait l'effort d'acquérir des compétences scientifiques spécifiques de grande utilité. Elle contribue ainsi à la cohésion du pôle MAFICC et du LAC.

L'implication d'un des jeunes chercheurs permanents de l'équipe dans l'établissement d'une action coordonnée « Physique à petit et grand nombre de corps » a le potentiel pour contribuer au maintien de liens étroits avec les équipes MFC et ETICC du pôle MAFICC et pour créer de nouveaux liens avec les équipes NANO3 et AGNANO du pôle PMI.

Au cours des cinq dernières années, les membres de l'équipe ont organisé trois congrès aux environs de Paris, le colloque de la division PAMO de la SFP et les Journées de Spectroscopie Moléculaire (PAMO-JSM 2010) à Orsay en 2010, le congrès international « Dissociative Recombination » DR2013 à Paris en 2013, ainsi que la rencontre scientifique « Contrôle quantique des systèmes à petit nombre de corps » dans le cadre du PEPS-PTI en 2010.

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

Tous les membres de cette équipe mènent un travail très théorique et de nature fondamentale, il leur est donc difficile d'interagir avec le monde économique.

Aucune interaction avec l'environnement social ou culturel n'a été mentionnée.



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

Durant la période 2008-2013, l'équipe a vécu d'importants changements : une directrice de recherche chevronnée a pris sa retraite en septembre 2012. Un chercheur, détenteur d'une chaire junior du Triangle de la Physique depuis 2008, a quitté le laboratoire en 2012 après y avoir conduit un programme de recherche productif sur la recombinaison dissociative. Deux recrutements de chercheurs CNRS ont été effectués, un CR2 et un CR1. L'équipe compte quatre chercheurs CNRS et une Maître de Conférences. Deux directrices de recherche émérites continuent leurs activités de recherche au sein de l'équipe, si bien que l'équipe dispose d'un très bon mélange de chercheurs actifs à différents stades de leur carrière et peut profiter de la très grande expérience de ses membres émérites.

La taille stable ou légèrement croissante de l'équipe lui offre la possibilité d'ouvrir son éventail d'activités, ce qu'elle a fait avec les nouveaux recrutements en s'engageant dans une activité théorique dédiée à l'analyse du contrôle des degrés de liberté internes et surtout externes des molécules par application de champs électriques et magnétiques.

La vie sociale de l'équipe semble bien organisée et, de façon générale, il est ressorti de la visite que l'équipe assume très bien ses responsabilités d'accompagnement des activités expérimentales du pôle MAFICC ainsi que de celles de ses collaborateurs internationaux, et en profite pleinement. Il en résulte une atmosphère scientifique jugée dynamique et productive.

Le responsable de l'équipe assume la fonction de directeur-adjoint du LAC depuis le mois de janvier 2012, ce qui semble ne porter aucunement atteinte à la dynamique scientifique de l'équipe.

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

L'équipe a formé 7 docteurs et une thèse est actuellement en cours.

Étant donné la structure du groupe, une grande part de l'accompagnement des thèses est sous la direction du responsable de l'équipe, ce qui limite le nombre de doctorants au sein de l'équipe. Il en résulte un certain déséquilibre qui devrait se résorber avec l'obtention d'une ou plusieurs Habilitation à Diriger des Recherches ces prochaines années. La maître de conférences de l'équipe effectue son enseignement à Cergy Pontoise et assume la responsabilité du Master (M2) « formation de professeurs certifiés de physique chimie » depuis 2010. Étant donné son rayonnement scientifique, une HDR devrait être considérée très rapidement.

## Conclusion

Au cours de la période 2008-2013, l'équipe THEOMOL a été très productive et dynamique scientifiquement. Le renouvellement du personnel a conduit au recrutement de deux jeunes chercheurs, de sorte que la pérennité des activités de recherche est assurée.

En encourageant ses jeunes membres à obtenir l'HDR, elle pourrait élargir sa capacité à accueillir de nouveaux doctorants.

L'équipe répond aux demandes des équipes expérimentales du pôle MAFICC et se propose de stimuler des échanges avec les équipes expérimentales d'autres pôles, en particulier PMI dans le cadre d'une action coordonnée.

Au cours des dernières années, l'équipe a également construit un réseau de collaborations fructueuses avec d'excellents partenaires en Suisse, Autriche, Allemagne et Amérique du Nord.

### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

- groupe important, ayant bénéficié de l'arrivée de jeunes chercheurs.
- excellente insertion dans le paysage national et international de recherche.

### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

- déséquilibre important dans l'encadrement des doctorants.
- positionnement géographique de l'équipe aujourd'hui un peu écarté du reste du laboratoire ; le risque associé apparaît néanmoins peu élevé.



▪ *Recommandations :*

- inciter les chercheurs du groupe ayant déjà acquis une expérience importante à soutenir une Habilitation à Diriger des Recherches.

- continuer à garder un lien étroit avec les expérimentateurs et à s'impliquer sur les axes transverses.



**Équipe 2.4 :** Lumière twistée pour la physique atomique (TWIST)

**Nom du responsable :** M<sup>me</sup> Laurence PRUVOST

**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	1	
<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>	<b>3</b>	

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



## • Appréciations détaillées

L'équipe TWIST se consacre d'une part à l'étude de la formation de molécules  $Rb_2$  par photoassociation d'atomes Rb dans un MOT et à l'analyse de la structure et dynamique des états hautement excités de  $Rb_2$  par spectroscopie de photoassociation. Cette activité est accompagnée par l'analyse des spectres par méthodes semi-classiques WKB et par graphes de Lu-Fano. D'autre part elle contribue au développement de méthodes lui permettant de façonner le rayonnement laser, notamment sa mise en forme spatiale par holographie de phase avec des SLM (Spatial Light Modulateurs). Ces techniques de façonnage laser par SLM sont utilisées pour guider des faisceaux d'atomes froids et dans l'étude de phénomènes optiques liés au moment cinétique orbital de la lumière.

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'équipe TWIST a publié 10 articles (ACL) sur la période 2008-2013, avec la répartition suivante 2008 (2), 2009 (1), 2010 (3), 2011(1), 2013 (3). La publication de 2011 est issue d'une collaboration impliquant une autre équipe, porteuse de la recherche. Ces publications portent sur deux thématiques essentiellement, la photoassociation moléculaire d'une part et la manipulation du moment angulaire de la lumière par holographie pour son interaction avec des atomes. Une publication porte sur la condensation de Bose-Einstein dans des potentiels en loi de puissance.

La production scientifique a donc été atone en 2011 et 2012. Une reprise très nette s'est opérée en 2013. Cette période correspond à la mise au point d'un nouvel outil d'holographie reconfigurable qui a pu ensuite être appliqué dans différents domaines qui offrent de belles perspectives. La période 2008-2013 correspond de ce point de vue à une réorientation partielle de l'activité de recherche par rapport à ses projets initiaux. Faute de financement suffisamment conséquent, le projet d'une expérience de condensation de Bose-Einstein a été abandonné. L'activité s'est recentrée sur la production et l'utilisation de faisceaux lumineux façonnés (modes de Laguerre-Gauss).

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

L'équipe TWIST du LAC fait partie des acteurs évidents sur l'utilisation des Spatial Light Modulators (SLM) pour manipuler des atomes.

L'année 2013 a permis à l'équipe de recueillir une partie des fruits de son investissement initié depuis environ dix ans sur les SLM grâce notamment à de nombreuses collaborations nationales et internationales.

L'équipe s'implique dans la formation doctorale. Elle n'a pas eu de post-doc dans la période examinée selon les informations fournies.

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

L'équipe a su développer des collaborations avec d'autres équipes expérimentales de différentes universités, grâce auxquelles elle a pu mettre à profit son expertise sur le façonnage de la lumière: en France (Palaiseau (LCF), Paris (LKB), Rennes, Toulouse) et au Brésil. Des liens avec l'ONERA ont également vu le jour. Citons également pour le volet photoassociation des collaborations avec Tunis où un ancien étudiant de l'équipe a désormais un poste permanent.

L'équipe interagit par ailleurs avec Thalès sur la technologie des SLM.

L'équipe s'implique bien dans la vie du laboratoire, et notamment dans l'organisation de séminaires et dans la vie de l'université (participation à des conseils).

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

L'équipe s'est enrichie récemment d'un nouveau membre permanent (Maître de Conférences par mutation). L'équipe comporte donc trois membres permanents. Nous ne disposons pas d'information sur l'organisation même des réunions d'équipe. Notons toutefois que l'équipe fait partie avec trois autres du pôle MAFICC du LAC dans lequel des séminaires inter-équipes verront le jour. La technique de guidage d'atomes sera probablement utilisée par une autre équipe du même pôle. Le pôle servira ainsi de plateforme à l'échange d'idées. La participation aux conférences est bien répartie entre les différents membres de l'équipe.



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

L'équipe a formé trois docteurs et une thèse est en cours. Des cours spécialisés ont été dispensés par des membres de l'équipe pour la diffusion du savoir. Tous les membres de l'équipe ont une activité d'enseignement.

## Conclusion

L'équipe dispose d'une dimension raisonnable avec un nombre adéquat de permanents pour pouvoir fonctionner dans de bonnes conditions. De nombreuses collaborations sont en train d'émerger, elles signent l'intérêt des méthodes expérimentales développées mais présentent corrélativement un risque de dispersion. Au-delà du pôle auquel elle est attachée, l'équipe pourrait essayer de tirer parti de l'expertise locale sur les mémoires. L'équipe doit envisager pour la prochaine période la soutenance d'au moins une HDR.

### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

- bon réseau de collaborations grâce à son expertise sur le façonnage du rayonnement laser par SLM et ses applications ;
- projets ambitieux.

### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

Les projets de recherche sont dans des domaines très compétitifs pour lesquels des ressources importantes doivent pouvoir être mobilisées.

### ▪ *Recommandations :*

- obtenir un financement durable des activités de recherche ;
- définir des priorités sur les projets pour lesquels l'équipe désire maintenir une avance sur ses concurrents ;
- renforcer les collaborations avec les autres équipes du pôle MAFICC.



**Équipe pôle 2 :** Matière froide : interactions, corrélations, complexité (MAFICC)

**Nom du responsable :** M. Daniel COMPARAT

**Effectifs**

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés		5
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés		11
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)		1
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)		4
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>		21

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

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

La stratégie à cinq ans du pôle MAFICC s'oriente vers les buts ambitieux (1) de contrôler complètement la dynamique des systèmes atomiques et moléculaires (incluant les particules neutres, chargées et les électrons) en développant les outils expérimentaux et théoriques nécessaires à la manipulation des degrés de liberté internes (électroniques, vibrationnels et rotationnels) et externes (translationnels) de ces systèmes, (2) d'analyser systématiquement les effets à N corps en commençant par les effets à deux, trois et quatre corps, et (3) d'exploiter l'intrication quantique dans ces systèmes. Les projets spécifiques des différentes équipes adressent des aspects



complémentaires dans ce cadre général, ce qui offre d'excellentes perspectives d'interactions fructueuses au sein du pôle.

Pour les cinq prochaines années, l'équipe MFC a ainsi élaboré un plan de recherche d'excellente qualité, avec quatre axes principaux :

1) La manipulation des molécules froides avec un accent particulier sur le développement d'une nouvelle méthode de production de molécules froides basée sur la neutralisation d'un faisceau d'anions décéléré. Les premières expériences se feront avec la molécule BaF. Ce projet ambitieux et original a le potentiel d'étendre l'étude des molécules froides à de nouvelles classes de molécules une fois que les difficultés associées à la production d'un faisceau suffisamment dense de BaF- seront surmontées.

2) L'étude des gaz dipolaires ultra-froids, pour laquelle un nouveau dispositif expérimental permettant de piéger des atomes d'ytterbium sera réalisé. Avec deux électrons de valences, dont l'un peut être utilisé pour le refroidissement laser, l'atome d'ytterbium va offrir de nouvelles perspectives dans l'étude des gaz de Rydberg ultra-froids.

3) Le refroidissement par laser de l'atome d'hydrogène avec un laser VUV quasi-continu émettant à 121,6 nm ainsi que son application à la métrologie de l'hydrogène. Une source d'atome d'hydrogène refroidie par laser, éventuellement à partir d'un jet ralenti d'atomes d'hydrogène par décélération Zeeman, devrait permettre de nombreuses expériences très originales, notamment liées à l'étude de collisions réactives à très basse température ou très faible énergie, à la détermination de la constante de Rydberg, ou encore à l'étude de l'anti-hydrogène. Cet axe de recherche va exploiter les compétences multiples des membres de l'équipe. Le réseau de collaborations prévu dans le cadre de ce projet (Equipe « Métrologie des systèmes simples et très fondamentaux » du laboratoire Kastler-Brossel et collaboration AEGIS au CERN) est idéal.

4) le développement de sources mono-énergétiques de particules chargées formées par photo-ionisation d'atomes froids. Ce projet a pour but d'utiliser des sources de particules chargées (ions ou électrons) dont la résolution en énergie, position et temps approchent les limites ultimes permises par les lois physiques dans des expériences d'imagerie et de lithographie. Ce projet très innovant profite d'un financement ERC et d'une collaboration avec la société Orsay Physique.

Les projets de recherche liés à ces quatre axes de recherche représentent un mélange bien dosé de recherche fondamentale et appliquée. Les deux premiers axes mentionnés ci-dessus poursuivent les activités phares et traditionnelles de l'équipe tout en renouvelant les approches et les systèmes étudiés et en évitant la routine. Les deux autres axes sont plus récents et répondent au renouvellement personnel au sein de l'équipe. Les buts de recherche des quatre axes sont ambitieux, adressent des problèmes scientifiques de grande importance et ont été élaborés en fonction des compétences de l'équipe.

Pour les cinq prochaines années, l'équipe THEOMOL va continuer d'offrir un support théorique aux équipes expérimentales avec lesquelles elle collabore. Tout en continuant son travail théorique sur la photo-association et le refroidissement des molécules diatomiques, elle propose d'adapter certaines directions de recherche pour répondre aux demandes suscitées par le développement rapide de nouvelles méthodes expérimentales. Pour cela elle s'engage (1) dans le développement de méthodes théoriques capable de traiter les collisions atomiques à très basse température, notamment en projetant le développement de nouveaux codes, (2) dans une réflexion sur les méthodes théoriques adéquates au traitement des problèmes à petit nombre de corps, (3) dans un effort d'introduire de nouveaux outils théoriques permettant l'inclusion de l'effet de champs externes pour contrôler la dynamique des molécules froides en incluant les degrés de liberté de translation, et (4) dans l'exploration théorique des mécanismes de formation des ions moléculaires chargés négativement dans le milieu interstellaire, notamment par collisions entre électrons et molécules.

Il en résulte un programme de recherche équilibré et ambitieux qui permettra à l'équipe THEOMOL de continuer à accompagner et stimuler l'activité de recherche de ses partenaires expérimentaux.



L'équipe TWIST propose plusieurs perspectives de recherche prometteuses sur les cinq prochaines années. Un des projets expérimentaux s'inscrit dans le sillage d'une collaboration avec une équipe brésilienne, et porte sur le stockage d'une information sur le moment angulaire de la lumière dans un échantillon atomique refroidi par laser. Le projet exploitera de ce point de vue de manière optimale le savoir-faire de l'équipe. Il présente de plus l'avantage de pouvoir donner lieu à des interactions fructueuses sur le sujet des mémoires quantiques avec d'autres équipes du laboratoire. Le comité s'interroge toutefois car des expériences de même nature ont été publiées récemment par un groupe du LKB. La dynamique actuelle porte à croire que de nombreuses collaborations de l'équipe autour des SLM fourniront très probablement de nouveaux champs de recherche à explorer. Dans ce contexte, un effort de prospective devrait être encouragé.

L'équipe é-TICC est encore en train d'affiner son profil scientifique. Les projets présentés durant la visite sont axés sur l'information quantique et sur les actions coordonnées mentionnées ci-dessus. Ces sujets devraient permettre un développement rapide de cette petite équipe qui devra cependant définir ses priorités.

## Conclusion

Le pôle MAFICC a émergé dans le cadre d'une restructuration récente. Il comporte un volet d'activité en théorie et un autre sur les expériences dont la thématique relève des systèmes quantiques complexes. Son animation reposera en partie sur une réunion mensuelle. Les expériences en cours de développement s'inscrivent à la fois dans la culture du laboratoire et apportent de nombreuses nouveautés. Le comité d'experts a apprécié l'ambition des projets portés par ce pôle, et le profond renouvellement des thématiques de recherche, et ce dans la culture des équipes, et plus largement du laboratoire.

Sur le plan expérimental, de nombreux nouveaux projets sont initiés au sein du pôle. Ainsi, les développements en technologie des lasers menés au LAC devraient rendre possible dans un futur proche la génération d'un rayonnement laser pulsé permettant d'adresser la raie Lyman-alpha de l'hydrogène atomique. Cet outil unique ouvre des perspectives intéressantes pour le refroidissement par laser de cette espèce et pour des études métrologiques. Ce dernier champ de recherche se développera en étroite collaboration avec l'équipe de métrologie du laboratoire Kastler-Brossel. Le LAC dispose d'une expertise reconnue sur les atomes de Rydberg tant du point de vue théorique qu'expérimental et impliquant plusieurs équipes du pôle. Cette spécialité sera approfondie des deux cotés (expérience et théorie) et donnera lieu à de nombreuses interactions notamment grâce à une nouvelle expérience manipulant notamment les états de Rydberg de l'atome d'ytterbium (expérience Cs-Yb). Ces recherches s'inscrivent dans une dynamique internationale forte et très compétitive pour laquelle le pôle MAFICC est un leader de référence, et ont notamment pour objectif d'étudier l'auto-organisation des réseaux d'atomes de Rydberg froids, et plus généralement le rôle des forces d'interactions à longue portée sur les systèmes quantiques. Un autre projet expérimental ambitieux est en cours de développement sur l'utilisation de sources d'atomes froids pour réaliser des sources d'ions ou d'électrons disposant d'une résolution en énergie nettement meilleure que l'état de l'art. Cette expérience susceptible de déboucher sur de nombreuses applications est réalisée en partenariat avec une entreprise. Le protocole expérimental repose sur le savoir-faire de l'équipe et nécessitera des interactions avec les équipes de théorie pour optimiser par exemple les protocoles d'ionisation. La synergie entre expérience et théorie sera également mise à profit pour le projet de production de molécules froides de BaF, également en cours de développement. Un premier travail sur l'implémentation des méthodes puis l'étude de leurs limites délimitera le champ des applications possibles en chimie froide, mesure de précision, et information quantique.



Le volet théorique des activités du pôle peut s'articuler en trois points. Le premier concerne l'appui aux expériences avec une recherche conjointe pour définir des protocoles efficaces à la lumière des contraintes expérimentales ou encore pour cerner les dynamiques collisionnelles sous-jacentes dans les expériences. Cette activité a eu de nombreux succès non seulement pour les expériences du laboratoire mais également dans le cadre de collaborations internationales, ce qui témoigne de sa grande visibilité. Elle est appelée à jouer un rôle encore très important dans les années à venir. Le deuxième porte sur les enjeux théoriques et le développement de nouvelles méthodes. Le déménagement pour raison de travaux à l'IDRIS sera l'occasion de revisiter les méthodes numériques et de profiter scientifiquement des spécialités de cet institut. La restructuration du plateau de Saclay plus généralement est susceptible de faire émerger de nouvelles collaborations entre les forces théoriques du pôle MAFFIC et d'autres équipes de recherche tant expérimentale que théorique. L'effort thématique porté sur les systèmes quantiques intriqués constitués d'un petit nombre de corps ouvre la voie au développement d'outils pour le traitement du problème à  $N$  corps dans ce contexte spécifique et se marie bien avec l'expertise en information quantique pour laquelle l'intrication joue un rôle clé. La question des degrés de liberté pertinents pour un système complexe au cœur de cette recherche est un sujet de toute première importance dans ce domaine. Le comité d'experts ne peut qu'encourager la volonté de rapprochement des théoriciens pour les enjeux théoriques propres comme pour l'interaction avec le volet expérimental du pôle.

Grâce à ce bon équilibre entre expérience et théorie, à la qualité des équipes, et à la dynamique collective exprimée, le comité d'experts voit dans la constitution du pôle MAFFIC une entité cohérente avec des objectifs scientifiques ambitieux et en bonne adéquation avec ses expertises.



**Équipe 3.1 :** Agrégats libres et nanoparticules (AGNANO)

**Nom du responsable :** M. Martin SCHMIDT

Effectifs

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	1	
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	1	
<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>3</b>	

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



## • Appréciations détaillées

L'équipe AGNANO développe une activité de nature expérimentale consacrée à l'étude de la thermodynamique et de la réactivité des agrégats libres. Le montage dédié à l'étude de la transition de phase de vapeurs métalliques en nanoparticules par diffusion dans un gaz rare a été démonté en 2010 et les études de nucléation homogène se sont interrompues à cette époque. L'équipe se consacre maintenant essentiellement à des activités calorimétriques (mesure des capacités calorifiques des agrégats en fonction de leur taille et de leur composition) soit sur le montage du laboratoire, soit en collaboration avec une équipe de Freiburg. Le montage utilisé au LAC repose sur un spectromètre de masse à très haute résolution couplé à des sources d'agrégats adaptées à la production de système sur une large gamme de masses de quelques unités atomiques à plusieurs MégaDaltons. Les expériences d'Orsay et de Freiburg sont complémentaires : la première est basée sur les dissociations induites par collisions dans un piège radiofréquences, la seconde utilise l'excitation par laser et le refroidissement préalable des agrégats dans un piège. Dans les deux cas, les objets d'étude principaux sont les agrégats d'eau purs, protonés ou déprotonés, ou encore porteurs d'ions ammonium. Les transitions dans les agrégats d'eau sont étudiées en fonction de la taille, de la charge et de la polarité. Les transitions de phase ont été observées à des températures plus basses que les prédictions théoriques. Les effets de taille finie, et notamment les capacités calorifiques négatives observées près des transitions de phase dans les petits agrégats ont été interprétés dans le cadre de collaborations avec des théoriciens de Lyon et Toulouse. Les résultats obtenus indiquent une possible transition vitreuse en régime de petite dimension.

En marge de cette activité de calorimétrie, l'équipe poursuit des études de réactivité sur des systèmes modèles en collaboration avec un groupe de théoriciens de l'Université de Floride. Ces études recouvrent en particulier l'étude de la physisorption de gaz rares ou de molécules d'azote sur des agrégats d'argent, ou la chimisorption de  $O_2$  sur  $Ag_n$ . Ces expériences permettent d'observer sans ambiguïté la transition entre le régime « agrégat » où chaque atome compte, vers le régime nanoparticules autour de 40 atomes d'argent.

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Les travaux réalisés par l'équipe AGNANO ont conduit à la publication de 14 articles RICL au cours de la période évaluée, dont 3 Physical Review Letters (on note aussi un article dans Science mais sans lien direct avec les recherches développées localement) déjà cités entre 15 et 34 fois. Dans l'ensemble, les travaux sur la calorimétrie sont d'ailleurs abondamment cités, ce qui souligne l'originalité et l'intérêt large suscité par ces travaux.

On note un déclin global de la productivité de l'équipe au cours du temps, et parmi les chercheurs et enseignants-chercheurs actuellement en activité, un n'a plus qu'un seul article depuis 2009. L'activité de l'équipe repose donc essentiellement sur un chercheur permanent. Malgré son intérêt certain, la pérennisation de l'activité calorimétrie au laboratoire Aimé Cotton, rendue plus difficile par manque de financement spécifique sur le projet, semble compromise. Il semble donc que le futur de cette activité soit dans la poursuite de la collaboration avec Freiburg, l'activité sur Orsay devant probablement se rapprocher d'autres équipes comme cela a été évoqué lors de la visite, en particulier en collaboration avec l'équipe NANODIAM.

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

Les chercheurs de l'équipe ont donné une douzaine de conférences invitées au cours de la période écoulée, ce qui est tout à fait convenable au regard de la composition de l'équipe. En revanche, l'équipe n'a eu aucun contrat ni aucun financement spécifique de quelque nature que ce soit au cours de cette période. Ceci est d'autant plus inquiétant que la visite n'a pas montré d'effort particulier dans ce sens, mais plutôt une résignation difficilement compréhensible si l'on considère l'origine de cette activité qui a connu au cours de décennies antérieures des succès particulièrement remarquables. Malgré l'impact international indiscutable des travaux sur la calorimétrie des agrégats d'eau, le rayonnement académique de l'équipe semble totalement en perte de vitesse, et son attractivité académique au point mort.

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

La situation de l'équipe est particulièrement étonnante. En dépit du fait que le membre émérite de cette équipe occupe une position prééminente en lien avec l'environnement social et culturel, ni la visite, ni les documents écrits ne font apparaître la moindre contribution de l'équipe dans ce domaine.



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

On ne peut pas parler de vie d'équipe en ce qui concerne l'équipe AGNANO puisque l'activité de recherche repose actuellement sur les épaules d'une seule personne. Cette situation, combinée avec les points évoqués ci-dessus démontre clairement que l'avenir de l'activité des personnes concernées doit progressivement rejoindre un autre groupe au sein du pôle PMI.

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

Aucune thèse de doctorat soutenue au cours du contrat et aucune thèse en cours. La dernière soutenance de thèse dans cette activité remonte en fait à 2007.

### Conclusion

#### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

- sujet de recherche sur la calorimétrie des agrégats original et bien reconnu au niveau international ;
- bonne collaboration expérimentale avec l'équipe de Freiburg, et avec les théoriciens français du domaine.

#### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

- l'activité de recherche de l'équipe repose sur un seul chercheur permanent ;
- aucun contrat ni aucun financement spécifique, aucun doctorant dans l'équipe depuis plus de 6 ans. L'avenir de l'opération calorimétrie d'agrégats est extrêmement incertain.

#### ▪ *Recommandations :*

- les activités actuelles (calorimétrie, et dans une moindre mesure réactivité, des agrégats) mériteraient d'être poursuivies, mais peut être seulement dans le cadre de collaborations ;

- un rapprochement avec un autre groupe du pôle PMI est fortement souhaité, peut être avec l'équipe NANODIAM comme cela a été évoqué lors de la visite.



### Équipe 3.2 : BIOMEDICAL (BIOMED)

Nom des responsables : M. René FARCY et M. Richard LEGRAS

#### 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)	1	
<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)	2	
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>6</b>	

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



## • Appréciations détaillées

L'activité de l'équipe BIOMED se décline autour de trois thématiques indépendantes, à savoir l'optométrie et les sciences de la vision d'une part, la mise au point de dispositifs d'aide à la mobilité pour les non-voyants d'autre part, et enfin le développement de méthodes de diagnostic précoce du cancer à l'aide de l'analyse de l'autofluorescence de tissus. Cette activité est portée par une très forte implication des chercheurs et un engagement remarquable pour apporter des réponses concrètes à des causes sociétales.

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'activité de l'équipe BIOMED se caractérise pour les trois thématiques abordées, par une démarche assumée de recherche appliquée et finalisée. La qualité de cette recherche appliquée est remarquable.

L'impact de cette recherche se mesure à la fois dans l'ampleur des contrats de recherche et des transferts réussis vers le monde sociétal et en termes de publications scientifiques ou citations. L'impact des journaux dans lesquels l'équipe a publié est cependant *de facto* relativement limité par rapport aux standards qui seraient attendus pour une recherche plus fondamentale.

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

La démarche d'une recherche quasi-exclusivement appliquée et finalisée conduit l'équipe BIOMED à peu développer son rayonnement et son attractivité académique. Même si cela n'est clairement pas lié à un manque d'implication ou de réussite des chercheurs permanents de l'équipe, il ne faudrait pas que ce choix nuise pour valoriser la carrière des personnes impliquées.

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

Les interactions avec l'environnement social et économique constituent indéniablement le point fort de l'équipe BIOMED, que ce soit par l'originalité des transferts réalisés (aide à l'autonomie des non-voyants en particulier) ou par la diversité des trois thématiques abordées. Étant donné le faible nombre de chercheurs impliqués, l'équipe devra néanmoins veiller à concentrer ses efforts sur un nombre restreint de thématiques et à savoir transférer ou abandonner les voies les moins porteuses.

Par ailleurs, les actions de communication vers le grand public des travaux de BIOMED sont très nombreuses, et de nature à attirer l'attention du grand public et de la sphère politique vers les applications de la recherche.

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

L'équipe BIOMED est apparue clairement dans une démarche de succès sur les différents fronts actuels abordés. Les chercheurs ont laissé apparaître un engagement et une implication remarquables en adéquation avec les ambitions de recherche finalisée affichées.

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

Le comité d'experts a apprécié la forte implication de l'équipe dans la formation par la recherche. Il pourrait néanmoins être souhaitable que la démarche de recherche finalisée de grande qualité réalisée par l'équipe BIOMED, s'accompagne d'une plus forte attention envers le niveau des publications académiques de l'équipe. Cela permettra de mieux valoriser la carrière de tous les doctorants impliqués sur les trois thématiques de l'équipe.



## Conclusion

L'équipe BIOMED développe une recherche indépendante, singulière et originale au sein du LAC. Les thématiques sont résolument orientées vers une recherche finalisée, abordant des causes sociétales et tournées vers le monde socio-économique. Plusieurs opérations sont couronnées de succès avec la délivrance de dispositifs opérationnels. Le bilan de l'équipe est dans ce contexte remarquable.

### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

- enthousiasme et implication sans faille des chercheurs ;
- implication dans de grandes questions sociétales (vision, malvoyance, cancérologie) ;
- qualité de la recherche finalisée (dispositifs opérationnels) ;
- excellent impact médiatique ;
- couplage très fort avec la société civile.

### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

Risque d'isolement au sein du laboratoire ; Il serait peut être souhaitable de profiter de la restructuration du laboratoire pour augmenter les interactions avec les autres équipes ayant des interactions avec la biologie.

### ▪ *Recommandations :*

- veiller à ce que le nombre de projets/thématiques abordés reste en relation avec la taille de l'équipe ;
- les succès en recherche finalisée ne doivent pas détourner l'équipe d'une plus forte attention envers la production de publications académiques de haut niveau et dans les interactions avec le reste du laboratoire.



### Équipe 3.3 : BIOPHOTONIQUE (BIOPHOT)

Nom des responsables : M. Paul TCHENIO et M. François TREUSSART

#### 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)	1	
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	1	
<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>7</b>	

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	5	
Thèses soutenues	3	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	3	
Nombre d'HDR soutenues		
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	3	



## • Appréciations détaillées

L'équipe BIOPHOT a été nouvellement créée par le regroupement de chercheurs issus du LAC et de chercheurs en provenance du LPQM (Laboratoire de Photonique Quantique et Moléculaire). L'activité de l'équipe concernée par ce rapport est celle de la thématique « approches optiques en neurobiologie de la mémoire », l'activité des chercheurs issus du LPQM ayant fait l'objet d'une évaluation propre.

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

La production scientifique de l'activité « Approches optiques en neurobiologie de la mémoire » est très inhomogène sur la période de référence de ce rapport et de surcroît insuffisante. Si l'on peut saluer la présence de deux publications de très haut niveau qui ont été publiées en 2010 et 2011 (dans Nature Neuroscience et Neuron), un total de seulement quatre publications sur la thématique a été décompté sur le reste de la période (dont trois en 2010). Il est impératif que les chercheurs concernés ne limitent pas leurs objectifs de publications à des journaux à très fort impact mais qu'ils adoptent une politique de publication plus régulière, en acceptant de publier plus fréquemment dans des journaux d'impact moindre.

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

Le rayonnement et l'attractivité académique de l'activité « approches optiques en neurobiologie de la mémoire » ont visiblement souffert du manque de publications. On note par exemple, une seule conférence internationale invitée sur la période de référence.

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

Les activités d'éditeur de contenu scientifique sur internet, à destination de la communauté scientifique et en partenariat avec un acteur économique, sont à souligner.

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

Créer une équipe homogène ayant une masse critique et en réaliser une structuration efficace a manqué à l'activité « Approches optiques en neurobiologie de la mémoire » du LAC lors de la période de référence de ce rapport. Dans ce contexte, le comité de visite encourage fortement le rapprochement proposé avec l'activité en biophotonique des chercheurs issus du LPQM.

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

Le comité d'experts a noté une bonne implication dans la formation par la recherche sur l'activité « approches optiques en neurobiologie de la mémoire ». Étant donné le caractère extrêmement porteur des thématiques abordées (interface physique-biologie) et le vivier d'étudiants formés sur le campus Paris-Saclay dans ces thématiques, le comité de visite ne peut que conseiller que cet effort soit poursuivi dans ce domaine. Il est toutefois primordial que l'équipe veille à augmenter significativement le nombre de publications afin de valoriser la carrière des jeunes doctorants qui sont impliqués.

## Conclusion

L'activité « approches optiques en neurobiologie de la mémoire » de l'équipe BIOPHOT concerne une thématique interdisciplinaire à l'interface physique biologie visant à comprendre des processus fondamentaux dans la mise en place de la mémoire. Cette thématique est extrêmement porteuse mais également à très forte concurrence internationale. En développant des outils optiques originaux, l'équipe a réalisé des avancées remarquables comme l'attestent quelques publications de très haut niveau. L'équipe n'a en revanche pas su faire fructifier ces réalisations au cours de la période de référence et fournit une liste de publication insuffisante par rapport aux standards dans le domaine.



Dans ce contexte, le comité de visite encourage fortement le rapprochement proposé avec l'activité en biophotonique des chercheurs issus du LPQM pour former une équipe homogène ayant une masse critique et réaliser une structuration efficace de cette équipe.

▪ ***Points forts et possibilités liées au contexte :***

- domaine de recherche porteur ;
- présence de quelques publications de très haut niveau ;
- interaction avec des biologistes.

▪ ***Points faibles et risques liés au contexte :***

- nombre total de publications très insuffisant ;
- formation par la recherche à développer

▪ ***Recommandations :***

La production scientifique doit impérativement être augmentée.



**Équipe 3.4 :** Groupe Lasers et Optique (GLOP)

**Nom du responsable :** M. Fabien BRETEAKER

Effectifs

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	1	
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	1	
<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.)	2	
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	4	

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	3	
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	1	



## • Appréciations détaillées

L'équipe GLOP mène de nombreux travaux à la croisée de la physique des lasers, de l'optique non-linéaire, de l'optique quantique, et des applications hyper-fréquences. À titre d'exemple, les travaux sur la notion de temps de vie de photon dans une cavité comprenant une cellule d'hélium métastable exploitent des concepts fondamentaux, comme la transparence électromagnétiquement induite, appliqués à un domaine applicatif important des lasers, la gyrométrie, tout en jouant avec des concepts susceptibles d'attirer l'attention d'un public plus large, comme les vitesses de groupe négatives. La même proximité entre physique très fondamentale et très appliquée, qui apparaît comme une caractéristique marquante de l'équipe, se retrouve dans les travaux sur différents composants optiques à base de semi-conducteurs : VCSSLs, conception de composants optoélectroniques visant à créer des délais en hyperfréquences. La problématique des bruits, depuis sa compréhension profonde jusqu'à son contrôle et à ses applications, est également devenue un domaine d'expertise évident de l'équipe. Malgré son faible effectif, l'équipe GLOP a ainsi démontré une vitalité scientifique tout à fait remarquable, dans un domaine à cheval entre optique fondamentale et sciences de l'ingénieur.

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

La production scientifique est très fournie et originale. La thématique de recherche, proche, (voire dans), des sciences de l'ingénieur, se prête mal à des publications dans des revues prestigieuses d'audience large ; les publications de l'équipe apparaissent principalement dans les revues spécialisées de haut niveau comme *Optics Letters*, *Optics Express*, *Physical Review*, etc. Le rythme de publications très impressionnant des années 2008 à 2010 s'est légèrement ralenti, mais reste à un niveau réellement élevé. La qualité scientifique de ces travaux est excellente, avec à titre d'exemple des contributions marquantes sur les spectres de bruit des VCSSL, la stabilisation des oscillateurs paramétriques optiques (OPO) simplement résonnants ou l'analyse des effets de lumière lente ou rapide intra-cavité.

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

L'attractivité académique de l'équipe GLOP est très notable. En témoigne un réseau bien développé de collaborations suivies avec de nombreux acteurs français de recherche et technologie : Laboratoire de Photonique et Nanosciences, Laboratoire Kastler Brossel, Institut de Physique de Rennes, groupe Thalès... Les collaborations internationales sont également très fournies, avec un tropisme évident vers l'Inde. La dynamique scientifique, et ces collaborations, ont permis à l'équipe GLOP d'obtenir un nombre très significatif de contrats de recherche, ANR, DGA, contrats européens...

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

L'équipe GLOP mène des travaux collaboratifs avec des acteurs économiques importants, en particulier dans le domaine des radars, mais aussi depuis peu dans la vision et la polarimétrie. L'importance de ces contacts vers le monde industriel semble avoir été un facteur majeur dans l'acceptation de plusieurs contrats de recherches à visées applicatives, par exemple via la DGA.

L'interaction avec le domaine social et culturel, et la diffusion de la science, est un autre point très fort de l'équipe, curieusement peu mis en avant ; les participations aux manifestations des 50 ans du laser, et la coordination d'un ouvrage collectif « Le laser » doivent être saluées.

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

L'équipe GLOP est apparue en 2008 ; certaines thématiques restent relativement proches de celles de l'équipe PAMS actuelle. L'organisation d'une équipe comprenant deux chercheurs permanents, dont un enseignant-chercheur, et deux chercheurs non-permanents, reste simple et efficace. Par ailleurs, l'équipe s'investit largement dans des actions transverses, permettant de faire bénéficier le reste du laboratoire de son expertise en physique des lasers et des OPO. Néanmoins, la grande diversité des sujets traités pour une équipe de taille modeste pourrait poser des problèmes de surcharge dans le futur, si aucune évolution ne se dessinait au sein du pôle PMI.



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

L'équipe GLOP contribue largement à la formation par la recherche, par l'encadrement d'un nombre élevé des doctorants : 7 thèses soutenues dans la période de référence, et 4 en cours. La richesse et la diversité scientifique des sujets abordés permettent à chacun de ces nombreux travaux doctoraux d'avoir ses propres contributions originales.

## Conclusion

L'équipe GLOP, malgré sa taille réduite, présente un bilan très riche, et propose des perspectives multiples. L'attractivité, l'implication en formation doctorale, les liens avec les sphères économiques et culturelles... sont tous au meilleur niveau. Par ailleurs, l'équipe démontre par son implication dans une action transverse sa volonté de mettre ses savoir-faire à disposition du laboratoire. Dans le cadre de la formation progressive du pôle PMI, l'équipe devrait trouver des points communs avec une ou d'autres équipes du pôle, afin de définir progressivement des synergies scientifiques.

- *Points forts et possibilités liées au contexte :*

- originalité et productivité scientifiques remarquables ;
- réseau important de collaborations académiques et industrielles ;
- style scientifique caractéristique mêlant concepts fondamentaux et applications directes.

- *Points faibles et risques liés au contexte :*

Nombre important de thématiques couvertes pour une petite équipe.

- *Recommandations :*

Envisager un rapprochement avec d'autres équipes du pôle PMI, par exemple l'équipe NANODIAM.



**Équipe 3.5 :** Nanoparticules, Nanostructures et Nanomatériaux (NANO<sup>3</sup>)

**Nom du responsable :** M. Nouari KEBAILI

**Effectifs**

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	3	
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	1	
<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.)	2	
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>6</b>	

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



## • Appréciations détaillées

L'un des principaux objectifs de la nanotechnologie est le développement de matériaux nanostructurés, de manière contrôlée et reproductible. Cet objectif implique la connaissance des mécanismes de base responsables de la formation de nanostructures sur les surfaces. L'activité scientifique du groupe NANO<sup>3</sup> se concentre sur la physique des systèmes à l'échelle nanométrique des interfaces, et de leurs applications. Cette physique des nanoparticules, et les techniques permettant leur positionnement, sont d'une importance énorme pour les technologies à l'échelle atomique.

L'équipe NANO<sup>3</sup> a été capable de montrer une nouvelle méthode de formation de nanostructures sur la base de leurs interactions avec le substrat. NANO<sup>3</sup> a développé un nouveau régime de nanofabrication dans lequel la déformation élastique s'accumule dans les nanostructures en régime d'interaction faible avec un substrat. Ce régime n'a pas été étudié jusqu'à récemment (par l'équipe NANO<sup>3</sup>). Les résultats récents obtenus par l'équipe ouvrent la « route du cluster » pour la nanofabrication, qui diffère de la « route atomique » standard (épitaxie par jets moléculaires). Cette nouvelle technologie développée par l'équipe ouvre aussi la possibilité d'étudier une nouvelle famille de structures métastables à l'échelle nanométrique. Un autre domaine d'activités concerne l'étude de l'influence de l'interaction cluster-surface sur la mobilité des clusters. Contrairement à l'utilisation d'une sonde (AFM, STM), l'utilisation d'un ensemble permet d'effectuer un sondage parallèle. L'utilisation de clusters comme sonde pour la caractérisation de surface est ainsi un outil exceptionnel.

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Les résultats obtenus par l'équipe ont été publiés dans de très bonnes revues scientifiques internationales (Phys.Rev.B, Eur.Phys.JD...), mais le nombre de publications est relativement limité. Il semble que le nombre de publications (5 cités dans le rapport) ne corresponde pas à la qualité du travail effectué.

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

En tenant compte de l'importance du travail effectué par l'équipe dans le domaine des nanotechnologies, le nombre de projets scientifiques obtenus pour financer les recherches de NANO<sup>3</sup> est faible : aucun projet national (ANR) ni international (UE), et un seul projet régional. Or la nanofabrication nécessite des ressources importantes ; il sera donc important d'attirer plus de financements sous forme de sources externes nationales et internationales.

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

Le thème de la recherche de l'équipe est bien positionné pour des collaborations industrielles. L'équipe a pu établir des liens avec la recherche industrielle, via l'entreprise LifeSearch, et le lancement du projet NABABE. Cette collaboration présente d'excellentes perspectives pour l'avenir. Notamment, ce projet collaboratif avec la recherche industrielle a permis d'attirer deux nouveaux chercheurs. L'établissement de liaisons étroites avec un partenaire industriel de haute technologie a vocation à servir d'exemple pour les autres équipes de laboratoire Aimé Cotton.

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

L'équipe NANO<sup>3</sup> possède une expertise interdisciplinaire. Les activités futures de l'équipe NANO<sup>3</sup> (auto-assemblage, nanotechnologie, interfaces) peuvent être très utiles pour les activités des équipes travaillant avec des nanocristaux de diamant et l'implantation de centres NV.

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

Bien que le niveau de la recherche de l'équipe soit très élevé et qu'elle possède une expertise unique dans le monde entier, il n'y a pas de thèses en cours liées à ces projets, ce qui pose un réel problème. Le travail de l'équipe serait rendu beaucoup plus productif par la participation et l'encadrement de plusieurs doctorants. Par ailleurs, la collaboration étroite avec des partenaires industriels permettrait à des étudiants en thèse de trouver leur emploi non seulement dans les universités ou au CNRS, mais aussi dans les entreprises de haute technologie.



## Conclusion

### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

- activité unique au monde dans le domaine de la nanotechnologie par le développement de matériaux nanostructurés ;

- méthode unique de « route du cluster » pour la nanofabrication ;

- liaisons étroites avec l'industrie.

### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

- faible nombre de projets nationaux et internationaux (UE, ANR) ;

- production scientifique limitée.

### ▪ *Recommandations :*

- mieux publier les résultats scientifiques ;

- établissement des interactions avec NanoPhot and NanoDiam ;

- augmenter le nombre des doctorants.



**Équipe 3.6 :** Diamant : phénomènes quantiques et applications (NANODIAM)

**Nom des responsables :** M. Jean-François ROCH et M. Vincent JACQUES

**Effectifs**

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	1	
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	1	
<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	4	
Thèses soutenues	3	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	2	
Nombre d'HDR soutenues		
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	1	

### • Appréciations détaillées

Lors de la visite, le comité d'experts a apprécié la qualité des travaux de l'équipe NANODIAM. Néanmoins, des appréciations détaillées sur l'équipe NanoDiam ont déjà été formulées par un autre comité d'experts AERES au cours de la visite du Laboratoire Photonique Quantique et Moléculaire (LPQM) où l'équipe a effectué ses recherches pendant la période d'évaluation.



**Équipe 3.7 :** Propriétés optiques de nanostructures hybrides, plasmonique (NANOPHOT)

**Nom des responsables :** 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	1	
<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>	<b>3</b>	

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	4	
Thèses soutenues	6	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité		
Nombre d'HDR soutenues	1	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	3	

### • Appréciations détaillées

Lors de la visite, le comité d'experts a apprécié la qualité des recherches menées par l'équipe NANOPHOT. Néanmoins, des appréciations détaillées sur les travaux de la majorité de l'équipe NANOPHOT ont déjà été formulées par un autre comité d'experts AERES au cours de la visite du Laboratoire Photonique Quantique et Moléculaire (LPQM) où l'équipe a effectué ses recherches pendant la période d'évaluation. Le comité d'experts a également pu apprécier les travaux d'une chercheuse récemment associée au groupe NANOPHOT, M<sup>me</sup> Anne DEBARRE, qui collaborait déjà avec d'autres équipes de l'ENS Cachan.



**Équipe pôle 3 :** Photonique, Matériaux, et Interfaces (PMI)

**Nom des responsables :** M. Fabien BRETEAKER

**Effectifs**

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés		12,5
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés		6
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)		2
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)		7
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		3
<b>TOTAL N1 à N6</b>		30,5

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants		
Thèses soutenues		
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité		
Nombre d'HDR soutenues		
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées		14



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

Le nouveau pôle PMI a été créé par le regroupement de plusieurs équipes expérimentales, sur un éventail de thématiques allant de la physique des agrégats et de la nanophotonique, à l'optique quantique et physique des lasers, jusqu'aux applications biophysiques et biomédicales.

Deux équipes suivent des objectifs reliés au sens large aux interactions entre optique et sciences de la vie, depuis les molécules d'intérêt biologique jusqu'aux dispositifs macroscopiques médicaux, une troisième menant des travaux ayant également des applications possibles en biologie.

L'équipe BIOPHOT met en avant des projets principalement suivant deux axes : des études de dynamique du trafic neuronal, et des études basées sur l'exploitation de nano-diamants, allant de leur fonctionnalisation par des anticorps ou autres ligands pour étude en biologie fondamentale, jusqu'à la vectorisation thérapeutique basée sur ces nano-diamants. Une collaboration avec l'équipe NANODIAM peut amplifier les synergies scientifiques sur ces aspects, synergies déjà existantes par l'implication d'un membre de l'équipe en provenance du LPQM.

L'équipe BIOMED reprend largement ses thématiques actuellement fructueuses :

- en optométrie et sciences de la vision, visant par exemple à définir un optimum global en termes de confort visuel dans des approches de type verres progressifs ;
- en assistance aux personnes malvoyantes, en améliorant le confort d'utilisation des dispositifs d'aide à la personne déjà mis au point, et en insistant sur la diffusion au plus grand nombre de ces dispositifs ;
- sur la compréhension des sondes de fluorescence pour le diagnostic précoce en cancérologie.

Le comité d'experts insiste sur le fait que ces activités, assez séparées, sont portées par un très petit nombre de chercheurs, principalement physiciens, avec de vrais risques de pérennité des différents projets à long terme en rapport avec des activités jugées stratégiques par l'université. Le comité d'experts conseille ainsi à veiller à ce que les chercheurs du LAC aient une bonne implication dans la structuration effectuée sur ces thématiques au niveau de l'université.

La deuxième grande thématique du pôle concerne la nano-photonique, ou plus largement le croisement entre optique quantique et nanosciences.

L'équipe AGNANO propose de poursuivre l'extension des méthodes calorimétriques aux agrégats moléculaires faiblement liés, comme l'eau dans les expériences présentes. Plusieurs aspects pourront être abordés, comme l'étude de nano-particules neutres, l'apparition de la notion de transition vitreuse, l'énergétique de la vitrification... Les extensions vers les grandes molécules peuvent également ouvrir de nouveaux horizons, surtout si ceux-ci pouvaient être partagés par une autre équipe du pôle, comme NANOPHOT.

L'équipe NANO<sup>3</sup> va poursuivre sa dynamique de recherche récente sur la fonctionnalisation de films par dépôts contrôlés d'agrégats, depuis les problématiques amont sur la croissance de structures fractales, la caractérisation par des méthodes de résonances plasmoniques, jusqu'aux problématiques aval de production à grande échelle et de couplage avec la biologie, et l'élaboration de films bactéricides nano-structurés. Ce projet bénéficie d'un bon équilibre entre amont et aval, et entre théorie et expérience. Il permet également à l'équipe de bien s'insérer dans des actions coordonnées, afin de bénéficier au maximum de l'expertise d'autres équipes en nanosciences, principalement au sein du pôle PMI. Par ailleurs, la démarche originale de valorisation par participation directe de chercheurs industriels au sein de l'équipe est intéressante, et doit absolument être poursuivie. L'ensemble de ces facteurs positionne l'équipe NANO<sup>3</sup> en position charnière au sein du pôle PMI, entre les thématiques de nanosciences d'un côté, et d'applications aux sciences chimiques ou de la vie de l'autre.

L'équipe NANOPHOT propose des projets de détection optique et de spectroscopie de nano-objets et de molécules d'intérêt biologique, méthodes essentielles en médecine et en sciences de la vie. Cette équipe souhaite se concentrer sur le développement de nouveaux outils de détection et de spectroscopie basée sur des plasmons de surface, et l'application de la spectroscopie pour les études de structures moléculaires (pérovskites, nanotubes de carbone). La plasmonique moléculaire développée par l'équipe NANOPHOT ouvrira la possibilité d'utiliser des effets de résonance de plasmons dans les interactions avec les composants moléculaires, généralement liés à la surface de nanostructures métalliques. Dans le futur, cette combinaison de méthodes de spectroscopie et de plasmonique semble effectivement très intéressante. Les effets plasmoniques appliqués aux molécules et aux conjugués moléculaires représentent un domaine à la frontière disciplinaire entre nano-optique et sciences de la vie, avec en



particulier un grand potentiel pour des applications à la détection et à la spectroscopie des objets à l'échelle nanométrique. Une collaboration potentielle avec l'équipe NANODIAM dans le domaine de la détection et de la spectroscopie des centres NV uniques semble très intéressante.

L'équipe NANODIAM a joué un rôle pionnier dans les applications des centres de couleur uniques dans le diamant pour l'optique quantique fondamentale, le traitement d'information quantique et les communications quantiques. Les premières démonstrations de génération de photons uniques et de lecture de spin à haute fidélité ont apporté la preuve que cette équipe se situe parmi les leaders mondiaux de la recherche en optique quantique dans l'état solide. Dans les cinq prochaines années, ce domaine va se transformer et induire de nouvelles technologies, pour lesquelles l'équipe NANODIAM pourra certainement jouer un rôle unique et important. Les projets suivants vont certainement produire un impact significatif :

- génération de centres NV par implantation des ions
- registres quantiques hybrides à base de couplage de centres colorés du diamant à des systèmes mécaniques et qubits supraconducteurs
- magnétométrie avec des centres NV

Le déménagement de l'équipe de recherche de Cachan à Orsay offre des possibilités uniques de collaboration avec des scientifiques d'expertise complémentaire. Il est important qu'un nouvel espace de laboratoire soit mis à disposition de cette nouvelle équipe dynamique, et que les travaux de construction seront terminés à temps pour limiter la période de transition.

L'équipe GLOP met en avance un nombre conséquent de projets de recherche, largement mais pas totalement en continuité par rapport aux multiples activités présentes. Ainsi les projets d'optique quantique sur l'hélium métastable en cavité dans un régime de dispersion non classique étendent directement les études récentes sur la lumière rapide ou lente. De nouveaux projets exploitent des fibres laser en régime très non-linéaire pour le domaine de l'opto-hyperfréquence. GLOP a bien réussi jusqu'à présent à mener de front de tels sujets multiples ; une réflexion sur un rapprochement avec une autre équipe du pôle, NANODIAM, qui travaille sur des thématiques proches en optique quantique, a déjà été entamée, et est encouragée par le comité d'experts. Ce rapprochement se traduit déjà par des réflexions sur des projets communs, par exemple sur l'ensemble de cavités optiques couplées à des ensembles de centres NV.

## Conclusion

Le pôle PMI regroupe plusieurs équipes, autour de grandes thématiques : nanosciences ; nanophotonique ; optique quantique et non-linéaire, avec ses applications en physique des lasers, et en opto-hyperfréquences ; et enfin biophysique et optique biomédicale.

Certaines évolutions ou regroupements d'équipes sont jugés indispensables, en particulier sur les thématiques en nanosciences ; certaines ont en fait déjà été largement initiées, comme dans l'équipe NANO<sup>3</sup>. Les deux équipes en provenance de l'ENS Cachan occupent d'ores et déjà un positionnement central dans le pôle, permettant à de futures collaborations de se nouer avec GLOP, AGNANO ou BIOPHOT. Le potentiel de collaborations peut encore être exploité plus avant ; celles-ci pourront alors progressivement dessiner un paysage scientifique plus clair, résultant soit en un pôle unique avec un nombre réduit d'équipes, soit peut-être en deux pôles, par exemple à dominante applicative vers les sciences de la vie pour l'un, vers l'optique quantique pour l'autre, mais d'autres combinaisons sont tout à fait possibles et éventuellement plus pertinentes. La réflexion sur la structuration optimale doit donc se poursuivre, sans se fixer de contrainte calendaire exagérée, mais aussi sans éluder la question. Le comité d'experts a noté que la dynamique de collaborations, et la volonté commune d'avancer dans ce sens et de créer une animation scientifique globale, étaient tout à fait réelles, et exprime donc sa confiance en l'aboutissement de cette réflexion collective.



## 5 • Déroulement de la visite

### Dates de la visite

Début : 16 janvier 2014, à 8h00  
 Fin : 17 janvier 2014, à 17h30

### Lieu de la visite

Institution : Laboratoire Aimé Cotton  
 Adresse : Bâtiment 505, Université Paris-Sud, Orsay

Locaux spécifiques visités : Laboratoires du pôle AL&A;  
 Laboratoires du pôle MAFICC;  
 Laboratoires du pôle PMI.  
 Salles de réunion.

### Déroulement ou programme de visite

Après une très brève réunion organisationnelle et à huis clos du comité d'experts, le directeur du LAC, M. Jean-François ROCH, a tout d'abord présenté un exposé global de la situation du laboratoire, devant le comité d'experts, les représentants des établissements, et la partie présente des personnels. Chacun des responsables de pôle put alors présenter les orientations scientifiques et les travaux les plus marquants sur la période de référence : M. Christophe BLONDEL pour le pôle AL&A, M. Daniel COMPARAT pour le pôle MAFICC, et M. Fabien BRETENAKER pour le pôle PMI, avec séance de questions et réponses. Un échange en comité restreint s'est déroulé en salle Liberman entre le comité d'experts et les établissements : le CNRS par l'Institut de Physique, l'Université Paris Sud XI, et l'École Normale Supérieure de Cachan. Lors de la pause déjeuner, un buffet ouvert à tous a permis un échange direct et convivial entre membres du comité d'experts et personnels du laboratoire.

L'après-midi du 16 janvier fut principalement consacré aux visites des équipes du LAC, soit dans les laboratoires pour les équipes expérimentales, soit en salles de réunion pour les équipes théoriques.

Le comité d'experts a souhaité mener des discussions à huis clos avec chacun des trois responsables de pôles, afin de débattre dans chaque cas de l'auto-analyse forces / faiblesses du pôle, discussions qui se déroulèrent entre le 16 au soir et le 17 à midi.

Le comité d'experts a rencontré le 17 matin le Conseil de Laboratoire du LAC, ou plus précisément le nouveau Conseil de Laboratoire, ainsi que les membres du Conseil de Laboratoire de l'année précédente venant de quitter leurs fonctions. Le comité d'experts a ensuite rencontré spécifiquement les Ingénieurs et Techniciens, puis les Doctorants. En parallèle avec la visite du comité d'experts, un représentant au Comité National de la Recherche Scientifique, M. Denis DOUILLET, a également pu rencontrer les personnels IT et aborder en détail leurs problématiques spécifiques.

La mise en perspective de l'insertion du LAC dans son environnement fut l'objet d'une première réunion avec M. Jean-Jacques GREFFET, directeur de l'École Doctorale Ondes et Matières (ED 288), puis d'une seconde avec M<sup>me</sup> Danielle DOWEK, directrice de la Fédération LUMAT. Une séance de questions et réponses avec l'équipe de direction, puis une réunion interne au comité d'experts, permirent de conclure la visite d'évaluation.



## Visite du comité d'évaluation du laboratoire Aimé Cotton

le jeudi 16 et le vendredi 17 janvier 2014

### Jeudi 16 février :

08 :00 - 08 :30	Accueil
08 :30 - 09 :45	Le Laboratoire Aimé Cotton : bilan, projet
09 :45 - 10 :00	Pause
10 :00 - 10 :30	Le pôle "Atomes, Lumière et Applications"
10 :30 - 11 :00	Le pôle "Matière froide : interactions, corrélations, complexité"
11 :00 - 11 :30	Le pôle "Photonique, Matériaux et Interfaces"
11 :30 - 12 :30	Rencontre avec les représentants des tutelles
12 :30 - 14 :00	Buffet
14 :00 - 15 :00	Visite du pôle "Photonique, Matériaux et Interfaces"
15 :00 - 15 :45	Visite du pôle "Atomes, Lumière et Applications "
15 :45 - 16 :30	Visite du pôle "Matière froide : interactions, corrélations, complexité"
16 :30 - 17 :00	Pause
17 :00 -18 :00	Rencontre des rapporteurs du comité d'experts avec les pôles
18 :00 - 19 :00	Discussion à huis clos du comité d'experts

### Vendredi 17 janvier :

08 :00 - 08 :30	Accueil
08 :30 - 09 :45	Rencontre avec le conseil de laboratoire élargi
09 :45 - 10 :00	Pause
10 :00 - 10 :45	Rencontre avec les agents IT du laboratoire
10 :45 - 11 :30	Rencontre avec les doctorants du laboratoire
11 :30 - 12 :00	Rencontre avec le responsable de l'École Doctorale EDOM
12 :00 - 13 :30	Pause déjeuner et discussion à huis clos du comité d'experts
13 :30 - 14 :00	Rencontre avec la fédération de recherche LUMAT
14 :00 - 15 :00	Rencontre avec l'équipe de direction
15 :00 - 17 :30	Réunion à huis clos du comité d'experts.



## 6 • Observations générales des tutelles

Le Président de l'Université Paris-Sud

à

Monsieur Pierre GLAUDES  
Directeur de la section des unités de recherche  
**AERES**  
20, rue Vivienne  
75002 Paris

Orsay, le 26 mai 2014

N/Réf. : 139/14/JB/LM/AL

Objet : Rapport d'évaluation d'unité de recherche  
N° S2PUR150007931

Monsieur le Directeur,

Vous m'avez transmis le 25 avril dernier, le rapport d'évaluation de l'unité de recherche « LABORATOIRE AIME COTTON » - LAC - N° S2PUR150007931, et je vous en remercie.

L'université se réjouit de l'appréciation portée par le Comité sur cette unité et prend bonne note de ses suggestions. Elle suivra en particulier avec attention la constitution des pôles et le fonctionnement des instances de cette nouvelle unité mixte.

Vous trouverez en annexe les éléments de réponse de Monsieur Jean-François ROCH, Directeur de l'unité de recherche.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de ma sincère considération.

  
UNIVERSITÉ  
PARIS  
SUD  
Président  
PRÉSIDENCE  
Bâtiment 300  
91405 ORSAY cedex

## **Rapport d'évaluation AERES concernant le laboratoire Aimé Cotton**

Nous remercions le comité, et en particulier son Président, pour sa très forte implication dans l'évaluation de l'activité du laboratoire et de son projet qui s'inscrit dans le cadre de la demande de changement de statut pour devenir une UMR ayant comme tutelles le CNRS, l'Université Paris-Sud et l'École Normale Supérieure de Cachan.

Nous partageons l'essentiel des conclusions du rapport. Nous sommes pleinement conscients des difficultés qui ont été soulignées par le comité et nous mesurons les enjeux pour l'avenir du laboratoire.

Nous apportons dans ce qui suit quelques remarques générales. Nous avons également relevé quelques erreurs ponctuelles.

### **Remarques générales sur le rapport**

Le comité souligne le fort soutien en personnel ingénieur et technicien dont bénéficie le laboratoire.. Nous en sommes pleinement conscients. Nous nous attachons à mettre à profit ce soutien, ainsi que la qualité des personnels, pour développer sur le long terme des projets scientifiques ambitieux qui soient fondés sur des innovations technologiques. Ainsi, le développement des lasers quasi-continus accordables et de leur électronique de stabilisation illustrent parfaitement cette politique scientifique, qui, comme le comité l'a noté, débouche aujourd'hui sur des projets innovants pour la métrologie des atomes d'hydrogène et d'anti-hydrogène. Mais, en parallèle, l'arrivée de nouvelles équipes au sein du laboratoire a conduit à une augmentation importante des contrats de recherche qui doivent être suivis et gérés. Ce surcroît d'activité de gestion est pris en charge par un service administratif qui est aujourd'hui à la limite de ses capacités.

Le rapport relève que certaines instances du laboratoire semblent ne pas fonctionner de manière adéquate, en particulier le Conseil de laboratoire. Le changement de statut nous conduira à modifier le règlement intérieur du laboratoire. Cela permettra de mieux préciser le rôle et la composition de cette instance, en particulier en ce qui concerne les personnels non permanents, doctorants et post-doctorants.

Le rapport indique que l'intégration scientifique et humaine des chercheurs ayant rejoint le laboratoire en provenance de l'ENS Cachan, est un enjeu majeur pour le devenir du laboratoire. La phase transitoire durant laquelle nous avons préparé activement leur implantation à Orsay a évidemment eu des conséquences sur l'organisation scientifique, mais aussi fonctionnelle avec l'installation d'une partie du laboratoire dans les locaux voisins de l'IDRIS. Les retards dans les travaux ont freiné certaines évolutions et certains projets de recherche des équipes du pôle "Photonique, Matériaux et Interfaces". Ainsi les synergies au sein de l'équipe "Biophotonique", qui a été constituée par l'agrégation de personnes qui travaillent encore aujourd'hui à Orsay et à Cachan, n'ont pas encore pu se développer pleinement. Grâce aux efforts conjoints des trois futures tutelles du laboratoire et à la mobilisation des membres du laboratoire, les travaux d'aménagement qui sont nécessaires seront achevés à l'été 2014.

*Une équipe a souhaité formuler une remarque particulière sur l'activité la concernant.*

- Equipe « Ions négatifs »

La remarque selon laquelle l'équipe "Ions Négatifs" (IN) a "contribué à la publication" d'articles "seulement" pour moitié "sur ses propres sujets" appelle le commentaire que, bien qu'ayant évidemment une ligne de recherche principale, l'équipe IN considère que tous les sujets sur lesquels elle peut apporter quelque chose à la littérature scientifique sont aussi ses propres sujets. La mise au point de lasers injectés pour le photodétachement quantitatif des ions négatifs est indissociable des études de photodétachement elles-mêmes. L'existence de ces publications communes à plusieurs pôles semble battre en brèche le reproche fait par ailleurs à IN de mener des travaux "complètement disjoints" de ceux d'autres équipes du laboratoire.

A Cachan, le 20 Mai 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 14-140

Objet : S2PUR150007931 - LABORATOIRE AIME COTTON - 0911101C

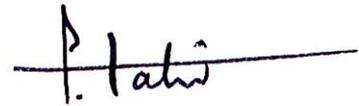
Monsieur le Directeur,

L'Ecole normale supérieure de Cachan a pris connaissance du rapport d'évaluation du laboratoire Aimé Cotton. Au nom de l'établissement, je souhaite remercier vivement le comité d'expert pour l'analyse détaillée de la situation de ce laboratoire exceptionnel, où sont menées des recherches au meilleur niveau mondial, qui est associé à l'ENS Cachan depuis fin 2012 et dont l'école deviendra tutelle en 2015. Dans cette phase de transition pour le laboratoire, les recommandations que vous formulez ont une importance toute particulière et l'établissement y sera particulièrement attentif.

L'établissement souhaite également remercier le directeur de l'unité Jean François Roch et toute l'équipe de direction du LAC, qui sont résolument engagés dans un projet stratégique ambitieux et de long terme pour le laboratoire.

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

Pierre-Paul Zalio



Président de l'ENS Cachan